



# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO**

## **Dottorato Internazionale di Ricerca in AGRONOMIA AMBIENTALE**

**Ciclo XXIV**

**Settore Scientifico disciplinare: AGR/04**

### **TITOLO**

**Analisi del comportamento bio-agronomico di differenti  
tipologie di piante, di varietà e della tecnica colturale  
della fragola allevata in ambiente protetto in Sicilia**

**Presentata dalla dott.ssa Antonietta Parrinello**

**Coordinatore del dottorato: Prof. Carmelo Dazzi**

**Relatore: Prof. Fabio D'Anna**

**Esame finale anno: 2013**

## INDICE

<b><i>PREMESSA</i></b>	<b>4</b>
 <b><i>PARTE GENERALE</i></b>	
<b><i>1 LA FRAGOLA, ORIGINE DIFFUSIONE ED EVOLUZIONE</i></b>	<b>7</b>
1.1 Origine dell'ibrido <i>Fragaria x ananassa</i> Duch e specie spontanee	7
1.1.1 Specie Diploidi, Euro – Asiatiche	8
1.1.2. Specie Esaploidi, Euro – Asiatiche	9
1.1.3 Specie Ottoploidi, Americane	9
1.1.4 Specie Ibride	9
1.2 Caratteristiche botaniche	10
1.3 Caratteristiche nutrizionali della fragola	14
1.4 Composti biologicamente attivi	17
1.5 Esigenze termiche e fisiologiche	18
1.5.1 Classificazione delle cultivar	19
1.6 Esigenze pedologiche, idriche e nutritive	20
 <b><i>2 LA FRAGOLA NEL MONDO</i></b>	<b>22</b>
 <b><i>3 LA FRAGOLA IN ITALIA</i></b>	<b>26</b>
3.1 Qualità e innovazione guidano la ripresa	26
3.1.2 I consumi in Italia	28
3.1.3 Le superfici coltivate a fragola in Italia	29
 <b><i>4.TECNICA COLTURALE DELLA FRAGOLA IN AMBIENTE PROTETTO</i></b>	<b>32</b>
4.1 La disinfezione del terreno	32
4.1.1.L'abolizione del Bromuro di Metile e nuove alternative chimiche	33
4.1.2.Gestione delle alterazioni di origine tellurica con strategie non chimiche	39
4.1.3.Alternative eco-compatibili al Bromuro di Metile	41
4.1.3.1 La solarizzazione	41

4.1.3.2 Biofumigazione quale strategia di disinfezione biologica dei terreni da destinare a fragola	43
4.1.3.3. Varietà tolleranti e/o resistenti ai principali patogeni terricoli	48
4.1.3.4 La tecnica del fuori suolo	49
<b>5 IMPIANTO DEL FRAGOLETO</b>	<b>53</b>
5. Introduzione	53
5.1 Tipologia di piante	53
5.2 Produzione di piante fresche a “radice nuda”	57
5.3 Produzione di piante fresche “cime radicate”	60
5.4 Impianto	62
5.5 Epoca d’impianto	63
5.6 Irrigazione della coltura	64
5.7 Concimazione e fertirrigazione	66
5.8 Protezione della coltura	68
<b>6 LA COLTIVAZIONE DELLA FRAGOLA IN BIOLOGICO</b>	<b>71</b>
<b>7 PRINCIPALI AVVERSITA’E DIFESA DALLE MALATTIE E DAI PARASSITI ANIMALI</b>	<b>78</b>
<b>8 LA QUALITÀ DELLE FRAGOLE IN RAPPORTO ALLE ASPETTATIVE DEI COSUMATORI</b>	<b>95</b>
8. Introduzione	95
8.2 I fattori che influenzano la qualità dei frutti	97
<b>9 CALENDARIO DELL’OFFERTA DELLA PRODUZIONE</b>	<b>102</b>
<b>10 LA FRAGOLICOLTURA IN SICILIA</b>	<b>104</b>
10.1. Introduzione	104
10.2 Le varietà per la Sicilia	106
10.3 Il miglioramento genetico della fragola in Sicilia	108

<b>11 RACCOLTA E POST-RACCOLTA</b>	<b>111</b>
<b>11.Introduzione</b>	<b>111</b>
<b>11.1 Raccolta, manipolazione e destinazione del prodotto</b>	<b>111</b>
<b>11.2.Dalla raccolta al condizionamento</b>	<b>113</b>
 <b>PARTE SPECIALE</b>	
<b>12 SCOPO DELLA RICERCA</b>	<b>118</b>
 <b>13 EFFETTI E RISULTATI DEL TRATTAMENTO PRE-IMPIANTO SU FRAGOLA IN SICILIA</b>	<b>122</b>
 <b>14 INNOVAZIONE VARIETALE PER IL MIGLIORAMENTO DELLA PRODUZIONE E QUALITA' DELLA FRAGOLA IN SICILIA</b>	<b>130</b>
 <b>15 RICERCHE SU NUOVE VARIETA' DI FRAGOLA: INFLUENZA DELLE TIPOLOGIE DI PIANTE</b>	<b>138</b>
 <b>16. ASPETTI QUALITATIVI E PRODUTTIVI DI NUOVE ACCESSIONI DI FRAGOLA SELEZIONATE IN SICILIA A CONFRONTO CON LE VARIETA' PIU'COLTIVATE</b>	<b>154</b>
 <b>17. INFLUENZA DELLA CATENA DEL FREDDO E DELLA LOGISTICA SULLA QUALITA' DEI FRUTTI DI FRAGOLA</b>	<b>172</b>
 <b>18.CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>179</b>
 <b>19. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>183</b>

## Premessa

Le colture protette nel sistema agroindustriale italiano rivestono un'importanza economica notevole, sia per la loro estensione oltre 37.000 ha secondo fonti (ISTAT 2013), sia per la produzione di prodotti freschi a largo consumo e di prodotti floricoli da esportazione.

Gli incrementi di resa ottenibili ricorrendo alla forzatura delle colture sono molto consistenti. Questi sono dovuti soprattutto ad un'intensificazione dei cicli colturali, ma anche alla costante evoluzione e innovazione che ha caratterizzato il settore dell'orticoltura protetta negli ultimi anni. L'innovazione ha riguardato il miglioramento delle strutture utilizzate (serre, tunnel singoli o multipli ecc) e l'ammodernamento tecnologico dei fattori di natura produttiva ed organizzativa, tendendo così a privilegiare la qualità della produzione e la commercializzazione di prodotti garantiti (Leonardi e Noto, 2005).

La scelta della qualità come fattore competitivo si configura come scelta obbligata per valorizzare la produzione orticola italiana. La collocazione sul mercato di prodotti orticoli con qualità certificata offre indubbi vantaggi nei confronti di prodotti non certificati.

La fragola è ormai presente quasi tutto l'anno sulle tavole degli italiani, grazie ad un'efficace ricerca genetica che offre cultivar valide dal punto di vista agronomico e all'innovazione delle tecniche colturali.

Nel panorama complessivo dell'ortofrutta italiana in cui si registrano costanti e a volte drammatici cali di consumi, la fragola è in crescita costante.

Un elemento determinante per il successo è senza dubbio da ricercare nel miglioramento generalizzato delle caratteristiche qualitative dei frutti.

Gli standard organolettici gustativi delle nuove fragole selezionate negli ultimi anni sono molto elevati riscuotendo ampia approvazione da parte dei consumatori italiani ed europei.

Inoltre i consumatori, sono sempre più attenti al consumo di prodotti salubri e con alto valore nutrizionale, ottenuti con metodi e tecniche ecocompatibili o sostenibili.

Infatti si stanno delineando, nuovi modelli di sviluppo, riguardante l'intero processo di filiera (produzione, trasformazione e commercializzazione) che devono seguire i paradigmi di sostenibilità ambientale e sociale, per preservare, in quest'ultimo caso le

risorse naturali non rinnovabili (suolo, acqua, aria, biodiversità e fonti energetiche) (Elia *et al.*, 2010).

La fragola è una specie ortiva che in Sicilia è quasi completamente coltivata in ambiente protetto (341 rispetto ai 353 ha totali, dati CSO 2013) ed è concentrata in aziende dirette coltivatrici, di dimensioni medio-piccole, con frequenti ristoppi e ripetute fumigazioni del terreno al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni. Il sistema produttivo fragolicolo è inoltre caratterizzato dalla disponibilità di manodopera specializzata e da un limitato turnover aziendale. Nell'ultimo decennio le superfici coltivate e la produzione realizzata hanno registrato una continua, anche se lenta, riduzione fino ad un trend di ripresa negli ultimi anni.

La messa al bando del bromuro di metile, ampiamente utilizzato come fumigante del terreno in coltura convenzionale e l'espansione della coltura biologica, hanno spinto la ricerca verso l'individuazione di nuove tecniche ecocompatibili per la disinfezione del terreno (solarizzazione, sovescio con piante biocide, e coltivazione in fuorisuolo) e la selezione di nuovi genotipi caratterizzati da maggior rusticità e resistenza della pianta ai patogeni, soprattutto radicali. Altro importante cambiamento nel comparto produttivo fragolicolo è stato l'impiego di piante fresche "a radice nuda" e con pane di terra "cime radicate" che, rispetto alle piante frigoconservate utilizzate in passato, sono dotate di una maggiore tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale grazie alla "giovinezza" dei tessuti della pianta, e consentono di anticipare ed ampliare il calendario di raccolta. La scalarità di maturazione dei frutti ottenuti con le piante fresche, oltre che, limitare il fabbisogno di manodopera, in quanto la raccolta è dilazionata nel tempo, offre al consumatore un prodotto caratterizzato da parametri qualitativi (sapore, dolcezza e consistenza) superiori, anche in virtù delle particolari condizioni climatiche siciliane.

Nel triennio del Dottorato in Agronomia Ambientale l'attività di ricerca è stata incentrata sull'intero sistema produttivo fragolicolo e sulle sue variabili più ecocompatibili, interessandosi delle alternative al bromuro di metile, della tipologia di pianta a basso input, del post-raccolta e del miglioramento genetico per l'ottenimento di varietà più rustiche e resistenti per le quali è possibile adottare tecniche agronomiche sostenibili.

# **PARTE GENERALE**

# La fragola, origine diffusione ed evoluzione

---

## 1 Introduzione

La fragola appartiene alla famiglia delle *Rosacee*, al genere *Fragaria*. Questo genere presenta un corredo cromosomico di base aploide ( $n=7$ ), e comprende specie diploidi, esaploidi ed ottaploidi.

Numerose sono le varietà ottenute dalle prime ibridazioni svolte nel XVIII secolo. Per le dimensioni del frutto si distinguono varietà a frutto grosso e a frutto piccolo. Le varietà a frutto grosso sono le più diffuse e si distinguono in varietà rifiorenti e non rifiorenti.

### 1.1 Origine dell'ibrido *Fragaria x ananassa* Duch. e specie spontanee

In Europa erano spontanee tre specie di *Fragaria* spp.: *F. vesca* L. o fragolina di bosco, il cui nome deriva dal latino *fragus* che indica fragranza e *vescus*, che denota ciò che è molle., *F. moschata* Duch. o *elatior*, dal gusto moscato, caratterizzata da una maggiore dimensione del frutto rispetto alla fragolina di bosco e *F. viridis* Duch. Quella più comune era la *F. vesca* propagata tramite stoloni e trapiantata dai boschi direttamente nei giardini. La fragolina di bosco veniva, in genere, impiegata nelle bordure delle aiuole, evidentemente per valorizzare più la fioritura che la produzione del frutto. Si iniziò a dare un senso “orticolo” alla pianta, dalla fine del 1600.

La fragola come specie coltivata nasce circa trecento anni fa, grazie all'introduzione in Europa della *Fragaria chiloensis* L., proveniente dal Cile caratterizzata da notevoli



dimensioni dei frutti, carattere che la distingueva dalle tre specie spontanee europee (*F. vesca*, *F. moschata* e *F. viridis*).

Questo carattere impressionò un militare francese Amédée Francois Frézier, personalità dai molteplici interessi e dalla singolare cultura, che nel 1714 importò in patria cinque piante pistillifere di *Fragaria chiloensis* L., ma solo nel 1766 Antoine Nicholas Duchesne cominciò a studiarla con assiduità registrandone le caratteristiche sessuali dei fiori, le stagioni di fioritura e fruttificazione oltre che gli effetti dei vari agenti meteorologici. La fragola attuale (a frutto grosso) deriva dall'ibridazione avvenuta casualmente nel 1766 tra *F. virginiana*, proveniente dagli Stati Uniti orientali e *F. chiloensis*.

La specie ottaploide ottenuta, denominata *Fragaria x ananassa* Duch ( $2n=2x=56$ ), risulta caratterizzata da frutti di elevate dimensioni i cui semi, perfettamente germinabili, diedero origine a piante con fiore perfetto e facilmente impollinabile. Senza saperlo, Duchesne aveva identificato nell'incrocio interspecifico la base della moderna fragolicoltura (AA.VV., 2010).

Al genere, *Fragaria*, sono state attribuite più di 150 specie, ma quelle che rivestono interesse agrario sono:

#### **1.1.1- Specie diploidi ( $2n = 2x = 14$ ), Euro-Asiatiche**

***Fragaria vesca* L.** Specie con corredo cromosomico diploide, nota come fragolina di bosco, diffusa in Europa, Asia e sud America. In Sicilia si ritrova allo stato spontaneo nei sottoboschi delle Madonie, sui Nebrodi e sull'Etna dove fruttifica in primavera ed estate. Si coltiva in provincia di Agrigento un ecotipo chiamato **fragolina di Ribera**, non rifiorante, molto stolonifera e caratterizzata da un marcato profumo dei frutti. La specie presenta una elevata adattabilità e numerosi biotipi con caratteristiche diverse, unifere o rifioranti, stolonifere o meno.

I fiori piccoli ermafroditi, frutto piccolo di forma rotonda o conico-allungata con un elevato rapporto acheni/polpa, l'eccellente aromaticità li rende adatti sia per il consumo fresco che per l'industria dolciaria.

***Fragaria viridis* Duch. (F. bifera, F di collina).** Specie diploide, di notevole interesse genetico per la tolleranza della pianta ai terreni calcarei, per la polpa soda dei frutti, che sono aromatici, di grossa pezzatura e colore rosso cupo ma anche per la rifiorenza. Pianta piccola poco o niente stolonifera. Denominata "stellata" perché il calice, che a

maturità si conserva aderente al frutto lascia su questo una superficie incolore a forma di stella.

***Fragaria semperflorens* Duch.** Detta anche fragola delle quattro stagioni, perché fiorisce e fruttifica dalla primavera all'inizio inverno. Pianta con habitus vegetativo espanso e frutti grossi. La specie è completamente autogama, e ciò permette di ottenere per seme individui con caratteri identici alla pianta madre.

#### **1.1.2 - Specie esaploidi ( $2n = 6x = 42$ ), Euro-Asiatiche**

***Fragaria Moschata* Duch o *Elatior* Ehrh:** Diffusa soprattutto dal nord al centro Europa, fino alla Russia. Cresce spontanea nei boschi e nei luoghi ombreggiati, la pianta è dotata di notevole vigoria, rusticità e produttività. Il frutto di forma irregolare e di colore più o meno intenso.

#### **1.1.3 - Specie ottaploidi ( $2n = 8n = 56$ ), Americane**

***Fragaria chiloensis* Duch.** Originaria delle coste Cilene del Pacifico, ma cresce spontanea anche nel nord America. I caratteri della specie sono molto variabili, si tratta di una pianta molto vigorosa, con fiori grandi, occasionalmente ermafroditi. Frutti grossi detti anche “fragoloni” con epicarpo rosso scuro e polpa bianca, poco aromatici, con acheni scarsamente numerosi, si adatta molto bene alle alte e basse temperature ed è resistente alla siccità. Generalmente può o non presentare il carattere rifiorenza.

***Fragaria virginiana* Duch.** Originaria del continente nord Americano, coltivata anche in Perù. Pianta molto vigorosa, dioica, con fiori unisessuali e frutti grossi molto aromatici di colore rosa e rosso scuro, con polpa bianca. La specie è dotata di buona resistenza alle alte temperature e alla siccità, generalmente unifera.

***Fragaria ovalis* Lenhm. (*F.cuneifolia*, *F.platypetala*, *F.virginiana glauca*).** Anch'essa spontanea nel continente Americano, è stata utilizzata nell'attività di breeding per introdurre in *fragaria x ananassa* il carattere DN (day neutral). Presenta un modesto apparato fogliare, fiori unisessuali e frutti di poca resistenza ma molto aromatici. La specie è importante per la resistenza alle alte e basse temperature.

***Fragaria iturupensis*:** A differenza delle altre specie è originaria del Giappone. Specie monoica utilizzata nei programmi di miglioramento genetico.

#### **1.1.4 - Specie ibride (fragole coltivate a frutto grosso)**

***Fragaria x ananassa* Duch. o *grandiflora* Ehrh:** Si tratta di una specie binomiale, ottaploide, con una grande variabilità genetica, che ha permesso ai breeder di ottenere

numerosa varietà di fragole coltivate, tutte della stessa specie, ma con caratteristiche molto diverse per forma, colore, consistenza sapore e adattabilità ambientale. È una specie prevalentemente allogama ad impollinazione anemofila ed entomofila, ma la propagazione gamica viene utilizzata solo per il miglioramento genetico mentre per scopi commerciali viene propagata in maniera agamica attraverso gli stoloni. Si tratta di una specie brevidiurna, che differenzia gemme a fiore a temperature di 18-20°C e numero di ore di luce inferiore a 12 ore.

## 1.2 Caratteristiche botaniche

La Fragola, è una pianta perenne erroneamente considerata erbacea. E' costituita da un apparato radicale, da un fusto (rizoma o corona) e da un apparato fogliare.

Il **fusto**, contiene i tessuti vascolari ed è stato trasformato in un corto rizoma, epigeo, chiamato cespo o corona, da cui si dipartono le foglie e i peduncoli fiorali. Dal fusto, alla base di ogni foglia si originano le radici primarie e secondarie che formano un apparato radicale fascicolato, con funzione, oltre che di assorbimento degli elementi nutritivi, anche di immagazzinamento delle sostanze di riserva (Bonciarelli, 1995). Il fusto invecchiando tende a lignificare. L'habitus vegetativo della pianta può essere definito assurgente o espanso a seconda che il fogliame si collochi in posizione eretta o prostrata.

Le **radici** primarie raggiungono una profondità di circa 30 cm, anche se varia in funzione della tipologia di suoli; maggiore nei terreni sabbiosi rispetto a quelli argillosi; comunque la maggior parte di esse si sviluppa nei primi 15–20 cm; al contrario, nei terreni in cui è praticata la pacciamatura le radici si espandono lateralmente rimanendo superficiali.

Le **foglie** pinnate o palmate, ovato-oblunghe, dentato-seghettate, suddivise in tre o più fogliole, sono inserite su piccioli di lunghezza variabile con stipole connesse alla base, che possono essere presenti od assenti.

A seconda delle cultivar possiedono caratteristiche differenti sia di colore (più o meno brillante) che di forma (più o meno arrotondata).

Presentano un elevato numero di stomi ( $3.000-4.000/\text{cm}^2$ ) che favoriscono una intensa traspirazione; una pianta con 10 foglie in estate può traspirare mezzo litro di acqua al

giorno; tanto che per far fronte alle calde giornate estive e produrre frutti di buona qualità le piante di fragola devono essere irrigate abbondantemente (AA.VV., 2010).

All'ascella delle foglie poste alla base del fusto (rizoma) si formano gemme che, in base al numero di ore di luce giornaliera e dei valori della temperatura saranno vegetative o produttive (differenziazione); le prime danno origine ad altri cespi e stoloni, le seconde danno origine ad infiorescenze.

Gli **stoloni** sono dei sottili germogli con asse polare plagiotropo (orizzontale) striscianti sul terreno e provvisti di nodi in corrispondenza dei quali si forma una rosetta di foglie che a contatto del terreno, dalla faccia ventrale emette radici formando una piantina con gli stessi caratteri genotipici della pianta madre. Una pianta madre può emettere più di 20 stoloni, quindi se lasciati indisturbati, da una sola pianta è possibile ottenere circa 100 piante figlie. Il **fiore** della fragola può essere ermafrodita ("perfetto"), contenente sia organi femminili e maschili, o unisessuale e quindi ("imperfetto"), contenente soli organi maschili (stami) o femminili (pistilli). Oggi le varietà coltivate e diffuse in Italia, salvo poche eccezioni hanno fiori perfetti.

Il fiore è tipico delle Rosaceae, costituito da un calice con 5 sepali, liberi, aderenti o riflessi; una corolla composta generalmente da 5 petali bianchi, di forma variabile da ellittici ad arrotondati od ovali; da numerosi stami disposti su tre verticilli in numero multiplo di 5, fino a 40, inseriti alla periferia di un organo avente la forma di coppa rovesciata (ricettacolo); su quest' ultimo, alla sua estremità sono inseriti i pistilli, disposti a spirale, e composti ciascuno da un ovario, stilo e stigma, contenente un ovulo che, fecondato darà origine ad un achenio, comunemente chiamato seme.

Quando le condizioni ambientali sono sfavorevoli all'impollinazione, parte dei pistilli può non essere fecondata, dando origine a frutti deformati.

I fiori sono portati su di un' infiorescenza con un asse primario, due secondari, quattro terziari e otto quaternari. Le infiorescenze con asse primario corto (a volte assente) sono le prime a essere originate dalla pianta e presentano il maggior numero di fiori e frutti. Viceversa le infiorescenze con asse primario lungo sono le ultime a formarsi (fine autunno o anche inizio primavera) e sono caratterizzate da pochi fiori. (fonte: La fragola. Collana Coltura & Cultura, Bayer CropScience).

Oggi il miglioramento genetico punta verso varietà con soli assi primari, secondari e al massimo terziari, tutto ciò per ottenere frutti più grossi.

Il **frutto** della fragola è un falso frutto detto carpofaro, costituito dal ricettacolo ingrossato, sul quale sono inseriti gli acheni, che sono i veri frutti, in numero variabile da 100 a 300, più o meno sporgenti. Il primo frutto a maturare, che è il più grosso e di forma non sempre regolare, è quello originato dall'asse primario dell'infiorescenza.

La pezzatura del frutto è determinata dal numero di ovuli fecondati e dal grado di ingrossamento del ricettacolo.

Alcune ricerche hanno evidenziato che il peso della fragola è influenzato dalla distanza tra gli acheni e il numero degli stessi per cui la massima pezzatura si raggiunge con circa 6 acheni/cm<sup>2</sup>.

I requisiti presi in considerazione per esaminare le cultivar sono diversi, ma per quanto riguarda il frutto quale prodotto destinato al commercio, i principali caratteri qualitativi da tenere presente sono:

- Le dimensioni del frutto: **frutto grosso d=25/30 mm, frutto piccolo d=15/20 mm, frutto molto piccolo**
- L'uniformità del colore: **scarsa, media, elevata**
- Il colore: **aranciato chiaro, rosso aranciato, rosso, rosso intenso, rosso scuro**
- la brillantezza del colore: **molto scarsa, scarsa, media, elevata**
- La forma: **reniforme, sferoidale, conico-arrotondata, conica, conico-allungata, biconica, quasi cilindrica, cuneiforme, ovoidale;**
- Regolarità della forma: **regolare, irregolare**
- Colore dell'apice; **stesso colore del frutto, bianco, verde**
- La forma dell'apice: **appuntito, arrotondato, troncato, sdoppiato, fessurato;**
- L'inserzione dell'apice: **incavata, stesso livello del frutto, in rilievo;**
- Consistenza della polpa: **molto scarsa; scarsa; media; elevata; molto elevata;**
- Resistenza della superficie: **molto delicata, poco resistente, mediamente resistente, resistente, molto resistente**



- Presenza o meno del calice; resistenza al distacco del calice;
- Dimensione del calice: **piccolo, medio, grande**
- Distacco del calice: **agevole, poco agevole, difficile, molto difficile**
- Dimensione dei sepali: **piccoli, medi, grandi**
- Orientamento dei sepali: **reflessi, liberi, aderenti**
- Colore degli acheni: **giallo, rosso, verde**
- Dimensione degli acheni: **piccoli, medi, grossi**
- Numerosità degli acheni: **scarsa, media, elevata**
- Inserzione degli acheni: **sporgenti, affioranti, immersi**
- Colore interno della polpa: **biancastro, rosa pallido, rosso aranciato, rosso chiaro, rosso, rosso scuro**
- Cavità interna del frutto: **assente, poco sviluppata, mediamente sviluppata, molto sviluppata**
- Presenza o meno del pennello;

La **riproduzione gamica** è utilizzata elusivamente per il miglioramento genetico mentre la moltiplicazione, essenzialmente, di tipo **agamica** può avvenire mediante un vivaio tradizionale in cui vengono coltivate piante madri per la produzione di stoloni.

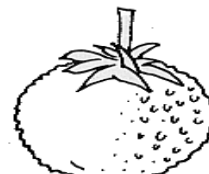
### **Forma dei frutti**



Reniforme



Subsferica



Sferica



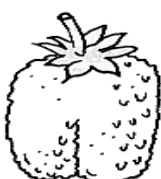
Conica



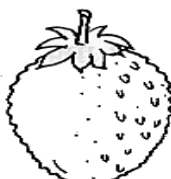
Bi-conica



Quasi cilindrica



Incuneata



Ovoidale



Cuoriforme

### **1.3 caratteristiche nutrizionali della fragola**

La fragola è un frutto caratterizzato da un'elevata quantità di acqua. Esso, è costituito da carboidrati solubili, principalmente glucosio, da una discreta quantità di materiali della parete cellulare (fibra) da minerali come potassio e calcio, da vitamine, in particolare acido Ascorbico, e soprattutto da acqua (Tabella 1).

L'elevato contenuto di questo ultimo composto, addizionato alla mancanza di una parete esterna protettiva del frutto, rende la fragola un prodotto facilmente deteriorabile una volta raccolto dalla pianta. La shelf-life che ne deriva, infatti, risulta estremamente limitata, pochi giorni a temperatura ambiente.

In accordo alle Food Composition and Nutrition Tables (IV edizione, ed. Scherz H. and Senger F., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1989) 100 g di parte edibile di fragole contengono: 90,5% di acqua, 0,9g di proteine, 0,4g di lipidi, 6,45g di carboidrati disponibili e 2,0g di fibra ed apportano un contributo calorico di 32 Kcal/100g.

Importante è il contenuto vitaminico, infatti 100 g di parte edibile contengono: 0,031 mg di tiamina, 0,054 mg di riboflavina, 0,51 mg di niacina, 0,016 mg di acido folico, 54 mg di vitamina C. Inoltre, i frutti contengono vitamina E sotto forma di alfa-tocoferolo (0,12 mg) e vitamina K (0,013 mg) e sono ricchi di calcio (36 mg/100g) e ferro (0,96 mg/100 g), oltre a presentare un notevole apporto di potassio (147 mg) e magnesio (15 mg) e bassi livelli di sodio (2,5 mg). Anche fosforo, cloro e fluoro e boro sono presenti in quantità significative. Il rosso delle fragole è dato dalla presenza di carotenoidi (49 microgrammi di beta-carotene/100g), sostanze che ritroviamo in grandi quantità anche nelle carote e nei kaki.

E' interessante notare che le fragole contengono anche fitosteroli, (beta-sitosterolo, 10mg/100g). La capacità antiossidante totale (CAT) della fragola è elevata (da due ad oltre dieci volte) rispetto a quella di mele, pesche, pere, uva, kiwi, arance e pomodori (Wang *et al.*, 1996; Battino *et al.*, 2004). Il potere antiossidante dipende dalla presenza di un gruppo numeroso e non omogeneo di sostanze bioattive, quali polifenoli come l'a. ellagico, l'a. p-cumarico, i flavonoidi, gli antociani, carotenoidi e vitamine come l'acido ascorbico (vit C), tutte accomunate dalla capacità di contrastare l'azione dei radicali liberi presenti nell'organismo umano (Magnani *et al.*, 2007).

In particolare, l'azione antimutagena e anticancerogena della fragola è imputabile all'alto contenuto di vitamina C (che può arrivare fino a 80 mg/100 g), ai polifenoli (circa 200 mg/100 g) e all'acido ellagico, che hanno un'elevata capacità antiradicalica (Mariani Costantini et al., 1999; Sistrunk e Moore, 1971). Gli acheni contribuiscono a circa l'11% dei fenoli totali e al 14% dell'attività antiossidante complessiva.

L'acido ellagico, i glucosidi dell'acido ellagico e gli ellagitannini sono i principali contribuenti dell'attività antiossidante degli acheni, che può essere ridotta con la lavorazione industriale.

Il consumo di antiossidanti con la dieta, infatti, è associato ad una diminuzione del rischio di malattie cardiovascolari (Hertog *et al.*, 1997), di diabete (Montonen *et al.*, 2004), di cancro (Ekstrom *et al.*, 2000) e di malattie neuro-degenerative (Gilgun-Sherki *et al.*, 2004).

Questi piccoli frutti sono preziosi dal punto di vista nutrizionale e salutistico anche perché sono molto ricchi di composti antiossidanti ed infatti l'USDA (United States Department of Agriculture), la massima autorità statunitense in materia di qualità dell'alimentazione, li ha inseriti tra "super cibi" ("alimenti nutraceutici o funzionali", "pharma food", "nutraceutical food", o "healty food"; Mariani Costantini *et al.*, 1999) poiché hanno una funzione potenzialmente benefica sulla salute umana, mantengono giovani e con buona memoria.

*Tabella 1: Composizione chimica del frutto fragola. Valori espressi per 100 g di prodotto. Fonte INRAN.*

<b>Composizione chimica</b>	<b>Valore per 100 g</b>	<b>Composizione chimica</b>	<b>Valore per 100 g</b>
<b>Parte edibile</b>	94	<b>Sodio (mg)</b>	2
<b>Acqua (g)</b>	90,5	<b>Potassio (mg)</b>	160
<b>Proteine (g)</b>	0,9	<b>Ferro (mg)</b>	0,8
<b>Lipidi (g)</b>	0,4	<b>Calcio (mg)</b>	35
<b>Carboidrati disponibili (g)</b>	5,3	<b>Fosforo (mg)</b>	28
<b>Amido (g)</b>	0	<b>Tiamina (mg)</b>	0,02



<b>Zuccheri solubili (g)</b>	5,3	<b>Riboflavina (mg)</b>	0,04
<b>Fibra totale (g)</b>	1,6	<b>Niacina (mg)</b>	0,5
<b>Fibra insolubile (g)</b>	1,13	<b>Vitamina A retinolo (mg)</b>	Tracce
<b>Alcol (g)</b>	0	<b>Vitamina C (mg)</b>	54

La fragola è classificata come un **frutto non-climaterico** e, come tale, una volta raccolta, non prosegue i processi di maturazione, non esibendo alcun picco climaterico di respirazione o produzione di etilene. Per questo motivo la fragola viene raccolta generalmente quando i frutti sono completamente maturi.

Numerosi sono gli studi che confermano questo comportamento del frutto fragola, in particolare Perkins-Veazie et al. (1996) riportano che fragole raccolte al primissimo stadio di maturazione, quando ancora il frutto non presenta colorazione dell'epidermide, e mantenute in vitro con soluzione nutritiva costituita da saccarosio e idrossichinolina solfato, non mostravano, in 8 giorni, alcuna risposta né in termini di colore né di produzione autocatalitica di etilene.

Altri studi suggeriscono che l'esposizione ad etilene esogeno durante lo stoccaggio promuove la senescenza dei tessuti, come evidenziato dal collasso del tessuto, cambiamenti del colore a rosso scuro traslucido, imbrunimento prematuro e l'avvizzimento del calice (Will e Kim, 1995, e Bower, Biasi e Mitcham, 2003). (Kalt et al. 1993) comunque riportano che, sebbene le fragole raccolte prima dell'invasatura diventino rosse durante lo stoccaggio, non subiscono però sufficienti cambiamenti per quanto riguarda il contenuto di zuccheri e acidi, non diventando così adatte al consumo fresco.

La maturazione e la senescenza della fragola sono processi molto rapidi a causa dell'elevato tasso di respirazione ( $75 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a  $15^\circ\text{C}$ ) (Will et al., 2002), del tessuto soffice e di un'epidermide sottile e acquosa. Per questi motivi le fragole sono altamente sensibili anche ad attacchi da parte di funghi (Vicente et al., 2002).

## 1.4 Composti biologicamente attivi

Le componenti nutrizionali rappresentano l'oggetto principale di studio per ricercatori nel campo della biochimica e fisiologia della nutrizione, essendo ormai noto che il consumo abituale di frutta e verdura aiuta a prevenire numerose patologie cronico - degenerative (Ames *et al.*, 1993).

Ciò sembra dovuto alla presenza di composti biologicamente attivi ad attività funzionale (Hannum, 2004). Questi componenti protettivi/preventivi della dieta sono considerati oggi come componenti nutraceutici.

L'impegno scientifico è sempre più focalizzato sui composti antiossidanti, una difesa contro l'invecchiamento e la degenerazione cellulare, presenti nella frutta, soprattutto nei piccoli frutti e in fragola (Wang *et al.*, 1996). Come tutti i caratteri produttivi e qualitativi, la Capacità Antiossidante Totale (CAT) è fortemente dipendente dalla base genetica varietale ed è influenzata dalle tecniche e condizioni di coltivazione.

Uno studio sulle proprietà nutrizionali dei frutti ha l'obiettivo di giungere all'identificazione di varietà apprezzabili per le loro prerogative nutrizionali e qualitative e che si mantengano costanti nelle diverse condizioni di coltivazioni.

La valutazione e selezione per il valore nutrizionale dei frutti di fragola può essere finalizzata all'individuazione e miglioramento di componenti riguardanti un contributo nutrizionale specifico, come ad esempio vitamina C, oppure per la complessiva azione antiradicalica determinata dall'insieme delle componenti antiossidanti, espressa come CAT del frutto.

Queste metodologie di analisi sono considerate valide per esprimere un valore più esteso della possibile attività antiossidante dei frutti di diversi genotipi, in condizioni specifiche di coltivazione, dovuta all'insieme delle componenti ad attività antiradicalica presenti nel frutto, che in molti casi non sono ancora completamente conosciute.

Infatti, recenti studi (Guo *et al.*, 2003) hanno dimostrato che in fragola la CAT è determinata solo per 21,6% dalla quantità di vitamina C presente nel frutto, mentre il resto è determinato dall'insieme di altri composti la cui attività è a volte di più difficile individuazione.

Risultati preliminari confermano che è possibile aumentare la capacità antiossidante dei frutti di fragola utilizzando genotipi di *Fragaria virginiana glauca* nella selezione di incrocio (Mezzetti *et al.*, 2005).

Nei frutti di fragola i composti biologicamente attivi più abbondanti sono alcuni composti fenolici, come i flavonoidi (antocianina, catechina, quercetina e kampferolo).

### **1.5 Esigenze termiche e fisiologiche**

La fragola presenta una notevole capacità di adattamento agli ambienti più diversi.

Tra i fattori climatici la temperatura è sicuramente il parametro che maggiormente ne influenza la coltivazione. La specie non ama gli ambienti eccessivamente caldo-aridi, e cresce bene con temperature non molto elevate: temperature ottimali per l'attività vegetativa sono comprese tra 10-13°C durante la notte e tra 18-22°C durante il giorno. (Bonciarelli, 1995).

Si adatta a climi temperati purché le temperature minime non scendano al di sotto di -10°C (minima letale) anche se l'attività vegetativa cessa totalmente a -5°C, -6°C, mentre a -1°C la fioritura risulta compromessa. La temperatura minima biologica è di 6°C, mentre quella ottimale per la fioritura è di 18-20°C di notte e 27-28°C di giorno. Valori di temperatura superiori a 30°C causano riduzioni delle produzioni e formazione di frutti deformi, a causa di una scarsa impollinazione o aborto di numerosi pistilli.

Presenta una notevole adattabilità ai diversi ambienti climatici, grazie ad un'ampia gamma varietale. Nel nostro paese viene coltivata da Nord a Sud, dal livello del mare, isole comprese, fino ad altitudini di 1700 metri, in aree tra loro molto diverse e differenti in termini di durata ed entità del freddo autunnale e invernale: parametri climatici in grado di influenzare notevolmente la differenziazione delle gemme e quindi il comportamento vegeto-produttivo delle piante. La differenziazione delle gemme è quella fase fisiologica in cui i tessuti meristematici delle gemme si evolvono verso lo stadio riproduttivo costituendo i primordi degli organi fiorali.

La fragola per passare dalla fase vegetativa alla fase riproduttiva necessita del soddisfacimento del "fabbisogno in freddo" delle piante, tramite esposizione delle gemme in quiescenza a temperature inferiori a + 7°C per almeno 800-1000 ore; nel caso di cultivar adatte agli ambienti centro-settentrionale; viceversa, negli ambienti meridionali si utilizzano cultivar a scarso o nullo fabbisogno in freddo.

Il fabbisogno in freddo invernale, è tuttavia variabile a seconda delle cultivar. Le piante che sono state sottoposte al freddo, sviluppano con più vigore, aumentano la produzione degli stoloni e delle foglie e sono più produttive di quelle non sottoposte al freddo

invernale. Il fabbisogno in freddo può essere soddisfatto prima o dopo la messa a dimora, o dalla frigoconservazione.

### **1.5.1 - Classificazione delle cultivar**

Nella fragola la differenziazione delle gemme e la successiva fioritura è determinata da vari fattori ambientali, tra cui la temperatura e il numero di ore di luce durante il giorno (fotoperiodo). In funzione della sensibilità al fotoperiodo le cultivar di fragola possono essere classificate in brevidiurne, longidiurne e neutrodiurne.

✓ **Cultivar unifere brevidiurne:** sono caratterizzate da processi di induzione e differenziazione delle gemme a fiore che avvengono nei periodi di giorno breve, con luce giornaliera inferiore a 12 ore e con sufficiente termoperiodo, cioè con temperature intorno ai 17-19°C. Nei nostri ambienti la differenziazione delle cultivar unifere inizia a fine estate (primi di settembre) e si protrae fino a ottobre. Terminata la pausa invernale, durante la quale la pianta entra in riposo vegetativo, ha inizio la fioritura che avviene alla fine dell'inverno inizio primavera, mentre la maturazione dei frutti si ha in primavera nell'arco di un mese; e dipende dalla lunghezza del periodo di differenziazione. Quanto più ci si sposta dall'equatore verso i poli, tanto più questo periodo tende a essere breve in quanto il numero di giorni con foto-termoperiodo favorevole è piuttosto limitato. All'aumentare della luce giornaliera e delle temperature le piante entrano in una fase vegetativa caratterizzata da una più o meno intensa emissione di filamenti stoloniferi prodotti da gemme "a legno" non differenziate. In Sicilia vanno bene le c.v. a fotoperiodo breve, che differenziano gemme per un lungo periodo e hanno un più lungo periodo di fruttificazione (2-3 mesi) rispetto al Nord dove la raccolta dura solo 20-30 giorni. Alcune cultivar unifere, in determinate condizioni ambientali, possono divenire bifere, cioè sono in grado di fornire una seconda fioritura, derivante da un secondo periodo di differenziazione, che si compie in primavera, quando cioè si verificano condizioni di termo-fotoperiodo favorevoli. Il fenomeno della bifioritura è tipico degli ambienti meridionali.

✓ **Cultivar rifioranti longidiurne:** si tratta di cultivar che differenziano gemme a fiore con lungo fotoperiodo, cioè con un periodo di luce giornaliera superiore alle 14 ore e che producono praticamente dalla primavera alla fine estate. La lunghezza del periodo che intercorre tra la prima fioritura in inizio primavera, e la seconda fioritura in tarda primavera, dipende dalla latitudine; in Sicilia le fioriture sono molto ravvicinate. Questo

tipo di piante non ha trovato diffusione a livello industriale a causa delle alte temperature che si raggiungono nei mesi estivi, che riducono la vitalità del polline e la percentuale di frutti allegati.

✓ **Cultivar rifioranti neutrodiurne:** Indifferenti al fotoperiodo, sono in grado di differenziare gemme in tutti i periodi dell'anno purché le temperature siano sufficienti per favorire l'attività vegetativa delle piante ed evitare la loro entrata in dormienza invernale, che si verifica a temperature sotto i 5°C, problema che si sta risolvendo con una graduale meridionalizzazione delle colture o con l'applicazione di apposite strutture protettive. Il carattere rifiorante neutrodiurno DN (*"day neutral"*) presente nella specie selvatica ottoploide *Fragaria virginiana* subsp. *Glauc* – rinvenuta nel 1955 nelle montagne dello Utah, negli USA, dal ricercatore californiano R.S. Brinhurst- è stato introdotto nel genoma di *Fragaria x Ananassa*. Oggi il carattere rifiorante DN è presente in tutte le principali varietà rifioranti coltivate nel mondo, estendendo le produzioni di fragole nei periodi di "fuori stagione".

## 1.6 Esigenze pedologiche, idriche e nutritive

La Fragola possiede una buona adattabilità ai diversi tipi di terreno, anche se predilige quelli di medio impasto, con buon contenuto in sostanza organica, tendenzialmente acidi o subacidi, con un pH compreso tra 5,5–7, con un contenuto in calcare attivo non superiore al 4%-5% e concentrazione salina inferiore a 2 mS/cm.

Una presenza non eccessiva di calcare favorisce la produzione di frutti più consistenti e con un elevato tenore zuccherino, mentre un eccesso riduce lo sviluppo vegetativo; le piante manifestano deperimenti e fenomeni di clorosi ferriche.

Si adatta bene anche nei suoli argillosi purché si adottino adeguati ammendamenti, e siano ben drenati per evitare problemi di asfissia e di conseguenza lo sviluppo di marciumi radicali e della Botritis (marciume dei frutti).

Per evitare la permanenza dell'acqua nel terreno è opportuno sistemare le prode più o meno rialzate in funzione del tipo di terreno a circa 30 cm; in terreni compatti e soggetti a ristagni idrici la proda è decisamente più alta.



La fragola è forte consumatrice di acqua; produzioni elevate si raggiungono solo con una buona disponibilità idrica; gli stress, anche di breve durata, sono mal tollerati da questa specie per le caratteristiche del suo apparato radicale, scarsamente sviluppato e poco efficiente nella ricerca dell'acqua disponibile.

La carenza di acqua si manifesta nella pianta con avvizzimenti fogliari e, nei casi più gravi, con la morte delle foglie vecchie e delle radichette. In ultimo, la scarsa disponibilità idrica si traduce in produzioni ridotte e di cattiva qualità.

L'irrigazione è fondamentale per raggiungere adeguati livelli produttivi; per tale ragione viene sistemato l'impianto irriguo (manichette forate) al di sotto del film plastico pacciamante: occorrono modesti e frequenti volumi di acqua accompagnati anche da fertirrigazioni.

In linea generale, per un trapianto di piante fresche eseguito a ottobre occorrono 4000-6000 m<sup>3</sup>/ha di acqua.

La coltura di fragola necessita di vari elementi nutritivi, in particolare oltre ad azoto, fosforo e potassio la pianta è avida anche di magnesio, calcio e microelementi come boro, ferro e zinco.

## La fragola nel mondo

---

### 2 Introduzione

La fragola rappresenta un'importante coltura da reddito in tutte le aree coltivate.

Nel mondo é stata oggetto di miglioramento sia della tecnica colturale che dell'innovazione varietale. In Italia benchè la fragola sia ancora una coltura di riferimento la sua coltivazione odierna è il risultato di un'evoluzione verso un sistema di coltivazione più efficiente.

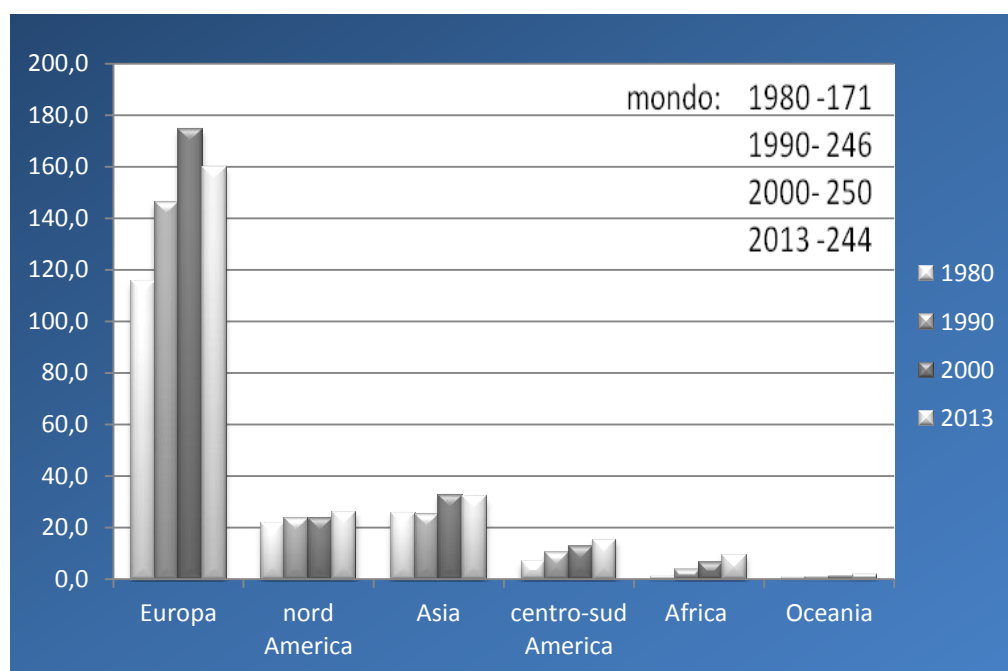
#### 2.1 La fragola nel mondo

Negli ultimi decenni la sua coltivazione ha subito una meridionalizzazione, verso le zone a inverno più mite e verso le aree del mondo in cui la manodopera influisce meno sui costi di produzione.

Nel ventennio 1980-2000 la produzione mondiale di fragole è aumentata del 83% fino ad oltrepassare i tre milioni di tonnellate (FAOSTAT, 2013). Dal 2000 al 2012 si è registrato un ulteriore aumento del 24% fino a superare i 4 milioni di tonnellate.

La superficie coltivata a fragola, stimata nel 2013 in circa **244.000** ettari ha subito, come la produzione, un trend positivo (Graf. 2.1.) realizzatosi nell'ultimo decennio, che denota un aumento delle rese unitarie dovuto sia all'innovazione varietale sia al miglioramento della tecnica colturale.

Graf.2.1 Evoluzione delle superfici coltivate a fragola nel mondo (migliaia di ettari)

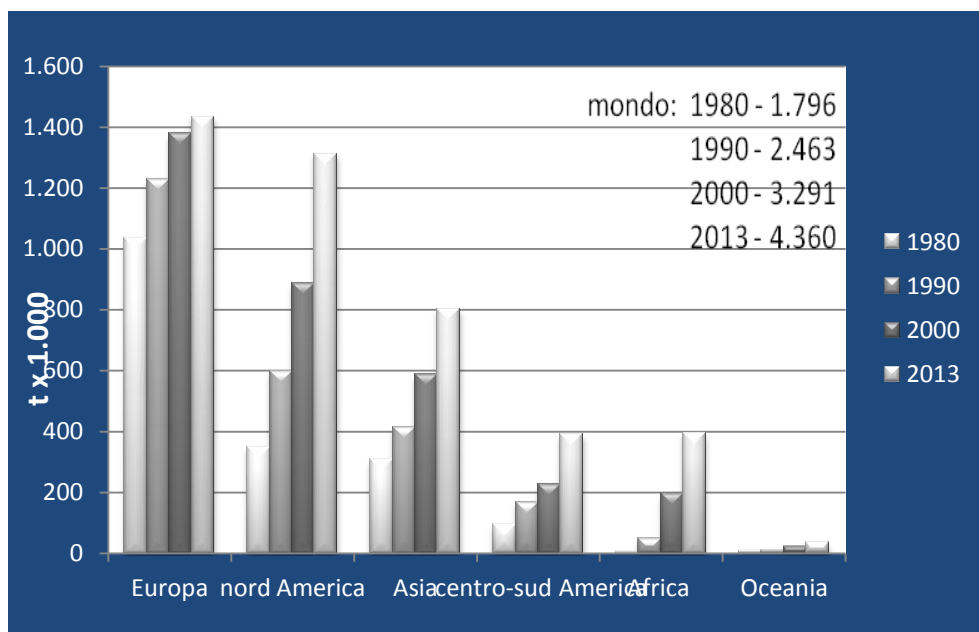


Fonte: FAO Stat, 2013

L'aumento di produzione è stato osservato in ogni grande area di produzione nel mondo (Graf. 2.2): in Europa ha subito minori incrementi soprattutto nell'ultima decade (+3%); nonostante ciò l'Europa rimane il principale bacino produttivo con più di 1,4milioni di tonnellate di fragole prodotte, equivalenti al 33% della produzione mondiale e al 64% della superficie seguita dal Nord America (1.312.000 t, circa il 30%) e dall' Asia (800.352 t, 18%) mentre meno significativi sono i volumi produttivi di Sud America (391.118 t, 9%), Africa (9%) e Oceania. (Graf.2.2.).



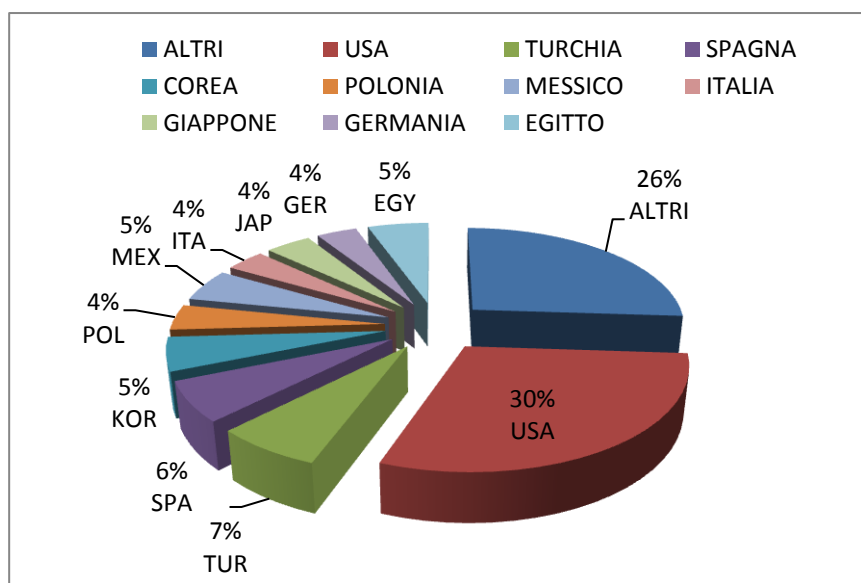
Graf.2.2 Evoluzione delle produzioni di fragole nel mondo (milioni di tonnellate)



Fonte: FAO Stat, 2013

I principali paesi produttori sono: USA (1,3 milioni di t), Turchia (299.940 t, 7%), Spagna (275.300 t, 6,3%), Messico, Corea ed Egitto, seguiti da Polonia, Italia, Giappone e Germania; da soli questi paesi hanno realizzato nel 2013 quasi il 74% della produzione mondiale, ottenute sul 56% della superficie.(Graf. 2.3)

Graf.2.3 Produzione mondiale di fragole ripartita nei 10 principali Paesi produttori (t).



Fonte: FAO Stat, 2013

Fra i paesi produttori il maggior incremento nell'ultimo decennio si è registrato in Egitto, Turchia, Messico e Germania, mentre i paesi che hanno invece ridotto in modo più significativo le loro produzioni sono risultati: Spagna, Italia e Giappone (Faostat, 2013).

Va evidenziato che i tre Paesi con il maggior aumento di produzione sono quelli con il minor costo unitario della manodopera e sono caratterizzati da inverni a clima mite. Ciò conferma un trend verso una continua meridionalizzazione della fragolicoltura. (AA.VV. 2010). Il principale Paese a clima invernale mite è la California che rappresenta il principale bacino di produzione di fragole a livello mondiale. Tuttavia, dopo la costante ascesa degli investimenti a fragoleto registrata negli anni '70, '80 e '90, dal 2000 si è riscontrata un'inversione di tendenza che ha portato a una riduzione del 26% della produzione (da 656.478 a 485.660 t), principalmente a causa degli alti costi di produzione. Lo spostamento di parte delle superfici dalla California al Messico, a minor costo salariale, ha comportato un incremento significativo delle produzioni messicane. La stessa ragione è alla base dei disinvestimenti che si sono registrati in Spagna (area di Huelva) a favore di altre aree produttive nordafricane come il Marocco. (AA.VV. 2010).

## La fragola in Italia

---

### 3. Introduzione

La fragola italiana, dopo alcuni anni di difficoltà, è in ripresa grazie ad una spinta innovativa che parte dal miglioramento varietale e dalla messa a punto di tecniche produttive che consentono un calendario di produzione molto ampio, sfruttando al meglio le straordinarie caratteristiche del territorio italiano con le variazioni climatiche, dal Nord al Sud, ideali per la diversificazione della produzione.

#### 3.1 Qualità e innovazione guidano la ripresa

Nel panorama complessivo dell'ortofrutta italiana in cui si registrano costanti e a volte drammatici cali di consumi, la fragola è in crescita costante. Un elemento determinante per il successo è senza dubbio da ricercare nel miglioramento generalizzato delle caratteristiche qualitative dei frutti. Gli standard organolettici gustativi delle nuove fragole selezionate negli ultimi anni sono molto elevati riscuotendo ampia approvazione da parte dei consumatori italiani ed europei.

L'Italia è il quarto Paese produttore di fragole all'interno dell'UE con sei mila ettari coltivati per l'80% in coltura protetta con una produzione media annua di 150 mila tonnellate (faostat, 2013). Assieme a Spagna, Polonia, Germania e Regno Unito è responsabile di più del 75% della produzione all'interno del mercato Europeo.

Nonostante il dato assoluto evidenzia un trend positivo, in realtà la fragolicoltura in Italia ha subito nell'ultimo decennio un ridimensionamento (downsizing), che ha portato alla scomparsa delle aziende meno professionali ed efficienti. Nel corso degli anni infatti la

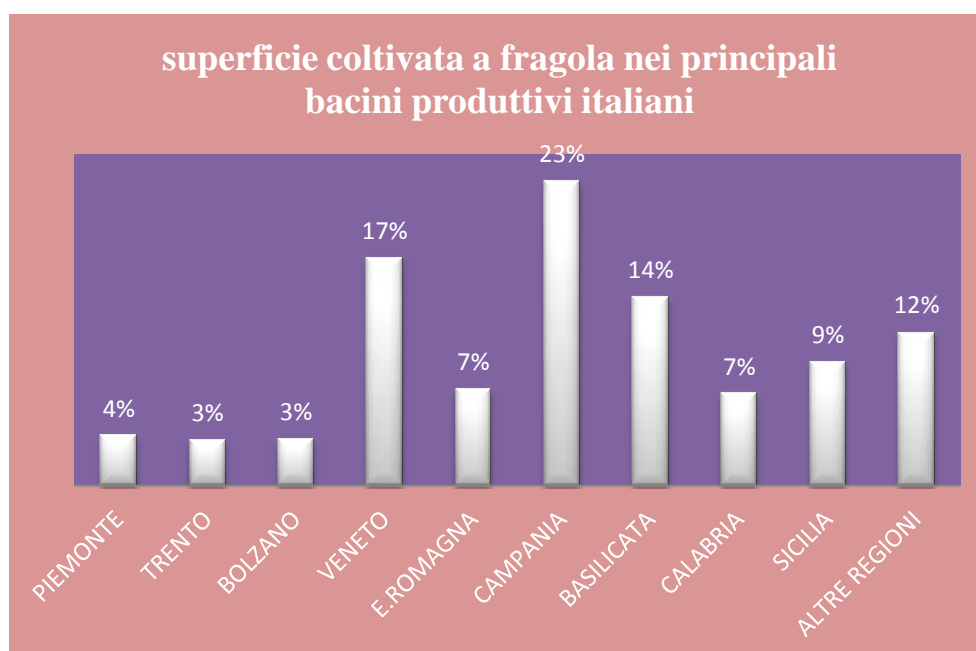
scelta di strategie di standardizzazione estreme, ha spostato la competitività sul piano dei costi, ciò ha portato una selezione verso quelle aziende capaci di ridurre i costi di manodopera, che da soli incidono del 40%, e in grado di reggere il calo dei prezzi dovuto alla globalizzazione dei mercati.(Graf. 3.1)

Tale selezione ha permesso la permanenza delle realtà maggiormente organizzate, anche grazie ad una gestione strategica dei calendari di raccolta, che ha consentito loro di ritagliarsi adeguati spazi di mercato. A tale fine sono state intraprese azioni mirate a differenziare le finestre di commercializzazione del prodotto, con l'obiettivo di minimizzare il rischio di potenziali crolli di mercato nei mesi centrali della campagna. Ad areali e operatori focalizzati sulle produzioni precoci se ne sono, così affiancati altri, specializzati nella coltivazione estiva, ma anche in quella autunnale.

La direzione imboccata sembra risultata vincente visto che il consumo di fragole negli ultimi anni non è più solo da aprile a giugno (AA.VV. 2010).

Nelle aree settentrionali, il Veneto (17%) (Tabella 3.2) si conferma la principale area fragolicola. In questa regione i fragoletti sono principalmente concentrati nell'area veronese e sono finalizzati a due flussi di produzioni, uno in autunno e l'altro in primavera. Interessante risulta la coltura per le aree alpine trentine e dell'Alto Adige dove i fragoletti sono principalmente finalizzati a produzioni estive con colture programmate in suolo e fuori suolo e in piccola parte, anche facendo ricorso a cultivar rifuoriti.

Negli ambienti meridionali, Campania (23%), Basilicata (14%), Sicilia (9%) e Calabria (7%) sono le principali regioni fragolicole che finalizzano la produzione nei periodi invernale e primaverile facendo ricorso alla protezione pressoché totale degli impianti. (Elaborazione Cso 2013) (Graf.3.3).



Graf.3.3 – Report CSO 2013

**dal 2000 ad oggi i consumi crescono del 31%**



### 3.1.2 I Consumi in Italia

Le fragole appartengono alla macro – categoria degli ortaggi, ma l’atteggiamento del consumatore nei confronti di questo prodotto è assimilabile a quello di una specie frutticola dalla spiccata stagionalità. Pertanto, in base alle rilevazioni condotte da GFK Italia, le fragole rappresentano circa il 2% degli acquisti di frutta, in termini di volumi, ed il 4% in termini di spesa. Percentuali che triplicano se restringiamo i tempi del paragone al periodo più propriamente tipico del prodotto. Dai primi anni duemila le fragole hanno vissuto una costante crescita nei volumi acquistati, in pochi anni, dal

2000 al 2004 l'incremento è stato del 21%; nel 2005 la profonda crisi del settore ortofrutticolo ha inciso per un -8% sugli ottimi risultati conseguiti (2005 su 2004) scendendo a 67 mila tonnellate. Già dal 2006 i consumi hanno ripreso un cammino in crescita, raggiungendo nel 2012 le 80 mila tonnellate (+19% sul 2005), oltre il 10% in più in 10 anni e +1,5% sul 2011. A sottolineare l'ottimo trend delle fragole ci pensa il confronto con il 2000, ad oggi infatti i volumi acquistati sono superiori del 31%.

Aumenta il numero di consumatori che acquistano fragole ma l'acquisto medio per famiglia tende a diminuire e nel 2012 si è attestato su circa 4 kg all'anno, (- 15%) sul lungo periodo del decennio.

I prezzi medi al consumo nel 2012 sono stati pressochè stabili rispetto al 2011 (3,65 €/kg) scostandosi non di troppo dalla media degli ultimi dieci anni (3,57 €/kg).

Le fragole sono una specie consumata prevalentemente in primavera (secondo trimestre dell'anno). E' infatti in questo periodo che viene acquistato il 76% del prodotto su base annua; nel primo trimestre si acquista il 9%, nel periodo estivo il 13% e nell'ultimo trimestre dell'anno l'1% circa. La stagionalità alla quale si collega il consumo di fragole mette in evidenza uno spostamento verso il periodo più precoce.

Dai dati GFK non è possibile stabilire l'origine del prodotto, ma senza dubbio accanto alle produzioni estere più precoci un certo ruolo è giocato anche dalle produzioni nazionali sempre più orientate verso tecniche culturali atte ad ottenere produzioni sempre più precoci. La sfida moderna per la leadership nel mercato delle fragole si gioca quindi sulla precocità dell'offerta.

### **3.1.3 Le superfici coltivate a fragola in Italia**

Sul fronte produttivo nel 2013 le superfici dedicate a fragola in coltura specializzata a livello nazionale sono rimaste stabili.

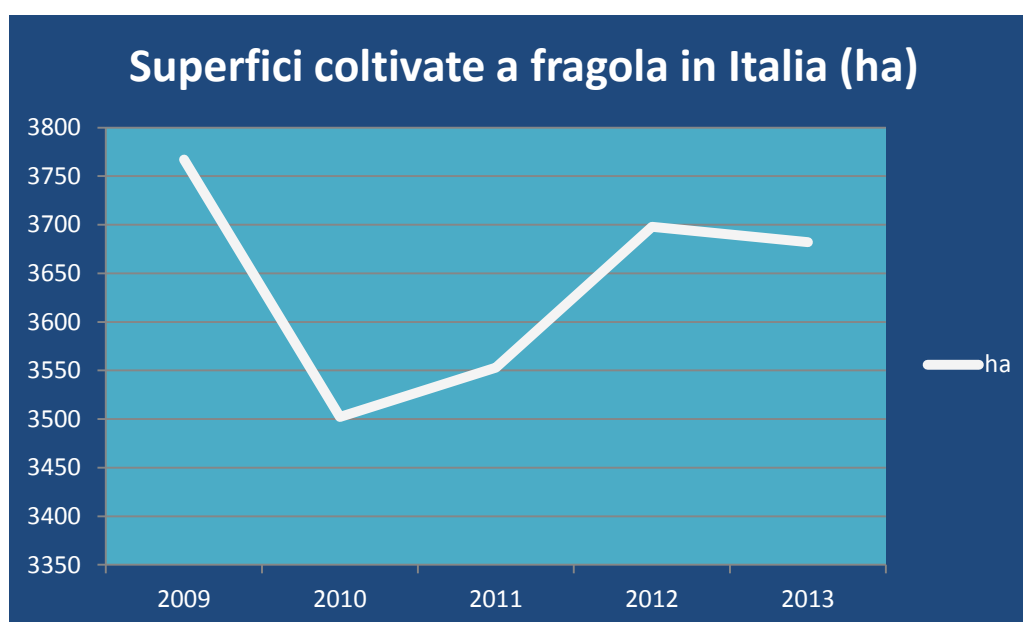
Con quasi 3.700 ettari, non si registrano infatti variazioni significative rispetto all'anno precedente. L'83% della superficie riguarda impianti in coltura protetta e solo il rimanente 17% in pieno campo. Nelle regioni meridionali le stime indicano una contrazione della fragolicoltura in Basilicata che con 540 ettari, segna un -9% rispetto allo scorso anno, mentre la riduzione della Calabria è del -5%. Si conferma invece il buon andamento in Campania, la principale regione produttrice (890 ha), che registra un

+4% rispetto al 2012. Lieve aumento della coltivazione in Sicilia, +1% rispetto all'anno scorso (353 ha).(Agriscilia n.5/2013).

Nell'ambito delle aree più a Nord del paese, si conferma l'importanza della fragolicoltura veneta, veronese in particolare, che in termini di consistenza non si discosta dai dati del 2012. In crescita le superfici a fragola nella provincia di Bolzano (+5% sul 2012), mentre sembrano in deciso calo nella provincia di Trento, (125 ettari) rispetto all'anno scorso (140 ettari). L'Emilia Romagna registra ancora un calo della coltivazione in coltura specializzata, posizionandosi sul livello minimo di circa 250 ettari. Il Piemonte, infine, conferma le stesse superfici registrate anche l'anno precedente (118 ha in totale).

Sul fronte varietale il CSO realizza annualmente una ripartizione delle superfici in base alle varietà coltivate rilevando dati forniti dalle vendite di piantine dei vivaisti e i risultati evidenziano un panorama varietale suddiviso per regione in cui si evidenzia in Emilia Romagna la predominanza delle varietà Alba, Cley e Roxana. In Campania domina la varietà Sabrina, in Basilicata è ancora Candonga la varietà dominante, in Calabria si concentra una forte produzione di Camarosa e in Piemonte prevale la varietà Alba.

**Graf.3.1 Evoluzione delle superfici destinate a fragola in Italia 2009-2013**



**Fonte:CSO**

**Tab.3.2 Superfici coltivate a fragola in Italia (ettari)**

SUPERFICI COLTIVATE A FRAGOLA IN ITALIA									
REGIONI	2011			2012			2013		
	Pieno Campo	Coltura Protetta	Totale	Pieno Campo	Coltura Protetta	Totale	Pieno Campo	Coltura Protetta	Totale
PIEMONTE	55	79	134	50	68	118	48	70	118
TRENTO	10	111	121	10	130	140	8	117	125
BOLZANO	75	49	124	75	49	124	75	55	130
VENETO	41	569	610	39	570	609	35	581	616
E.ROMAGNA	208	50	258	206	48	254	200	47	247
CAMPANIA	20	796	816	19	836	855	19	871	890
BASILICATA	11	493	504	19	572	591	18	522	540
CALABRIA	15	231	246	15	228	243	13	218	231
SICILIA	10	320	330	12	336	348	12	341	353
ALTRE REGIONI	203	207	410	209	207	416	213	219	432
TOTALE	648	2905	3553	654	3044	3698	641	3041	3682
VARIAZIONE SU ANNO precedente(%)		↑1		↑4			↑4		
FONTE: elaborazioni Cso									



## **Tecnica colturale della fragola in ambiente protetto**

---

### **4. Introduzione**

Nell'ultimo ventennio la fumigazione pre-impianto dei terreni, è stata l'azione decisiva per la soluzione delle problematiche legate alla monosuccessione. Le recenti limitazioni imposte e la messa al bando del bromuro di metile (2005, tranne che per gli usi critici), ha stimolato la ricerca volta alla messa a punto di tecniche alternative in grado di permettere il raggiungimento di soluzioni a breve e lungo termine.

### **4.1 La disinfezione del terreno**

Le aziende che in Italia sono specializzate a coltivare la fragola in maniera tradizionale, adottano la monocoltura, ossia investono l'intera superficie di cui dispongono alla coltivazione di un'unica specie.

La ripetizione della fragola sullo stesso terreno per più anni comporta però un aumento dei fattori biologici nocivi nel suolo: una selezione di parassiti animali e vegetali propri della specie coltivata, patogeni dell'apparato radicale ed erbe infestanti difficili da controllare, ma soprattutto un decremento della fertilità. Per ovviare a tale inconveniente è stata praticata la disinfestazione del terreno con bromuro di metile, un fumigante particolarmente efficace nel rendere inattivi gran parte dei patogeni fungini e dei nematodi presenti nella rizosfera, nel controllare in maniera ottimale delle erbe infestanti e nell'aumentare la disponibilità di azoto per effetto della mineralizzazione della sostanza organica.

Fino a otto anni fa, questi trattamenti di geodisinfezione in pre-impianto si basavano quasi esclusivamente sull'impiego del bromuro di metile. L'uso di prodotti chimici biocidi come il bromuro di metile era ormai diventata una pratica pre-impianto necessaria, al fine di massimizzare le produzioni e la qualità dei frutti (Duniway, 2002a, b). Questo aloidrocarburo paraffinico ad ampio spettro di azione, se da un lato ha fornito benefici effetti come controllo ottimale delle erbe infestanti, abbattimento del potenziale di inoculo dei principali patogeni del terreno quali (*Phythium*, *Phytophthora* spp., *P. Fragariae*, *Verticillium dahliae* e *colletotrichum acutatum*, *Fusarium*) e nematodi galligeni (*Meloidogynespp.*) e fogliari (*Dytilencus dipsaci*, *Aphelenchoides fragariae*, *A. ritzemabosi*) (Bleve-Zecheo *et al.*, 1980; Tacconi e Lamberti, 1987) dall'altro è stato incluso tra le sostanze responsabili della distruzione dello strato di ozono atmosferico.

E' stato allertato che l'utilizzo del bromuro di metile determina un impoverimento della sostanza organica e della fertilità microbiologica del suolo; inoltre il suo uso è stato vietato dal (1 gennaio del 2005) per motivi di natura tossicologica ed ambientale.

Le recenti limitazioni imposte e la messa al bando di questo fumigante, ha stimolato la ricerca a cercare tecniche alternative valide alla disinfestazione del suolo col bromuro di metile o con l' 1,3 Dicloropropene con lo scopo di ridurre l'impatto ambientale.

#### **4.1.1 L'abolizione del Bromuro di Metile e nuove alternative chimiche**

L'efficacia e l'ampio spettro (anticrittogamico, insetticida, nematocida ed erbicida) del bromuro di metile come fumigante non saranno facilmente sostituibili, anche se oggi si dispone di una serie di mezzi alternativi nessuno dei quali, però, è da solo paragonabile all'attività del bromuro.

E' necessaria, quindi, una strategia integrata di difesa contro malerbe, funghi e fitofagi tellurici, utilizzando tutti i mezzi agronomici suggeriti dall'ortodossia agronomica tradizionale, come le rotazioni colturali, i sovesci di piante biocide, l'utilizzo di varietà resistenti e/o tolleranti ai principali patogeni tellurici ed i metodi fisici (solarizzazione) e chimici (cloropicrina, 1,3-Dicloropropene, metam sodium, Dazomet) attualmente disponibili.

In Italia i prodotti chimici registrati alternativi al bromuro di metile sono la cloropicrina (Pic), l'1,3 Dicloropropene (1,3-D), e i generatori di metilisotiocianato quali (metan sodio, metan potassio, dazomet) (fonte: La fragola. Collana Coltura e Cultura, Bayer CropScience).

Mentre i primi due si muovono nel suolo in forma gassosa essendo volatili, metan sodio e metan potassio richiedono la presenza di acqua come agente veicolante e per tal motivo non possono essere considerati dei veri e propri fumiganti. La recente introduzione di sistemi di fumigazione mediante bagnatura del terreno con ali gocciolanti è una soluzione percorribile per le applicazioni di metan sodio e metan potassio, in particolare in serra, ove si possono minimizzare gli effetti collaterali indesiderati (cattivi odori, esposizione degli operatori) anche grazie all'adozione di film plastici di copertura. A differenza del bromuro di metile che è un fumigante completo questi nuovi principi attivi hanno un'azione fitoiatrica parziale. L'industria dell'agrochimico sta lavorando su altri fumiganti che potrebbero essere registrati nel prossimo futuro al pari di quanto sta avvenendo negli Stati Uniti, come lo ioduro di metile e il disolfuro di metile (Spotti, 2009).

**L'1,3-Dicloropropene (1,3-D).** Si tratta di un fumigante commercializzato in Italia a partire dal 2001, con una nuova formulazione a emulsione concentrata. Presenta una spiccata azione nematocida e può essere impiegato sia per iniezione diretta nel suolo sia in sospensione acquosa, in particolare per trattamenti in serra. Risulta altamente efficace nei confronti di alcuni artropodi del terreno, esso però ha un'efficacia ridotta nei confronti degli altri insetti, dei funghi e dei semi di infestanti. Sono presenti due isomeri di questo prodotto: cis- e trans dicloropropene. L'isomero cis è maggiormente volatile e, pertanto, più efficace rispetto all'isomero trans. L'1,3-D è disponibile sia in formulato liquido al 97% di principio attivo, applicabile in pieno campo per iniezione diretta, sia in formulazione emulsionabile in acqua e distribuibile mediante manichetta in terreni pacciamati con film plastici, nella cosiddetta *drip fumigation*. La possibilità di distribuire la sostanza fumigante mediante l'impianto di irrigazione utilizzato successivamente per l'irrigazione della coltura messa a dimora, porta sia alla riduzione complessiva delle dosi di applicazione, sia alla diminuzione delle emissioni nell'atmosfera che risultano fastidiose e dannose nelle vicinanze delle aree trattate. L'adozione di questa tecnica, affinché abbia una buona efficacia e la garanzia di assenza di effetti collaterali negativi, richiede la conoscenza delle caratteristiche fisiche del terreno (che ne influenzano le proprietà idrologiche), mentre i volumi idrici devono essere commisurati allo strato di terreno da trattare e alla dose di fumigante da applicare. Le dosi sono variabili:

fumigazioni effettuate a 200 l/ha appaiono, comunque, sufficienti per la lotta ai nematodi galligeni. La perdita del fumigante nell'atmosfera può essere ridotta notevolmente anche con il ricorso alla copertura del terreno con film plastici impermeabili (VIF) che portano anche ad una maggior efficacia del trattamento permettendo una riduzione delle dosi applicate (Lucchi e Baruzzi, 2002).

La cloropicrina e 1,3 dicloropropene, applicate contemporaneamente, hanno dimostrato di essere una valida e applicabile alternativa al bromuro di metile in termini di affidabilità dei risultati, rapporto costo-beneficio per l'agricoltore e sicurezza d'impiego, evidenziando inoltre una efficacia talvolta anche superiore al BM, specie quando viene distribuita con l'innovativa tecnica della "*drip fumigation*", che prevede l'apporto separato dei principi attivi emulsionati in acqua attraverso la manichetta e copertura del terreno con teli VIF (D'Anna et al., 2007).

Questo fumigante (1,3 D) non ha un'azione lesiva nei confronti dello strato d'ozono ed ha una vita ridotta nell'atmosfera che va da 7 a 12 ore, esso però risulta cancerogeno e potenzialmente inquinante per le falde acquifere (Messenger e Braun, 2000; De Lardereel et al., 2001; Ajwa e Winterbottom, 2006), pertanto se ne prevede in un prossimo futuro l'abolizione.

La **cloropicrina o tricloronitrometano** è un prodotto liquido che viene normalmente iniettato nel terreno in pre-impianto. Introdotta in Italia nel 2002, il suo utilizzo è possibile mediante applicazioni effettuate per iniezione e per irrigazione, combinate obbligatoriamente con l'uso di film virtualmente impermeabili (VIF). È un fumigante utilizzato negli Stati Uniti fin dagli anni '60 è caratterizzato da una spiccata azione fungicida nei confronti di patogeni fungini della fragola (Wilhelm e Koch, 1956; Wilhelm e Pavlou, 1980), di alcuni insetti terricoli, tra i quali il grillotalpa, dei semi di infestanti e da una buona efficacia contro le erbe infestanti, ma non esplica nessuno effetto contro i nematodi (Sparks et al., 2007), pertanto viene miscelata con nematocidi specifici, quali l'1,3 dicloropropene (Csinos et al., 2000). Gli effetti nei confronti dei nematodi sono piuttosto controversi; delle ricerche effettuate in Florida su pomodoro hanno dimostrato che la cloropicrina controlla piuttosto bene i nematodi a dosi di 390 kg ha<sup>-1</sup>, tuttavia la produzione della coltura risulta inferiore rispetto a quella che si ottiene sterilizzando con bromuro di metile.

Un vantaggio della cloropicrina è quello di non sterilizzare il terreno e di essere facilmente metabolizzata; essa non elimina l'intera popolazione tellurica di microrganismi, anzi incrementa la presenza dei batteri anaerobi gram-negativi, come *Pseudomonas*, che ne effettuano la dechlorazione. La cloropicrina è un fumigante che si diffonde molto bene nel terreno. La distribuzione può avvenire mediante iniezione diretta nel suolo mediante macchine fumigatrici trainate oppure in soluzione con la normale acqua d'irrigazione (*dripfumigation*). Anche per la cloropicrina la distribuzione sotto film plastico VIF permette di ottenere una maggior efficacia nel trattamento, con riduzione delle dosi di impiego limitando le emissioni nell'ambiente esterno (Lucchi e Baruzzi, 2002). La cloropicrina già in passato è stata utilizzata insieme al bromuro di metile come additivo per rendere quest'ultimo percepibile all'olfatto (Awuah e Lobeer, 1991); ciò in quanto essa è caratterizzata da un odore piuttosto pungente e da un potente effetto lacrimogeno (Anonymous, 1992). Quest'ultimo effetto rende questa sostanza facilmente percepibile anche se essa è presente in bassissime concentrazioni nell'ambiente. Sperimentazioni su fragola hanno dimostrato che la miscela di cloropicrina e 1,3 Dicloropropene è un'ottima alternativa al bromuro di metile, in quanto consente di ottenere dei risultati produttivi paragonabili. La dose consigliata da applicare al terreno varia tra 20 e 40 g/m<sup>2</sup> di formulato. La cloropicrina, rispetto al bromuro di metile, ha un minore tasso di evaporazione dal terreno per cui è necessario attendere un periodo maggiore prima di procedere all'impianto della coltura per evitare problemi di fitotossicità (D'Anna *et al.*, 2007). Prima di impiantare la coltura bisognerebbe attendere almeno 15 giorni, di cui i primi 7-8 lasciando il terreno coperto con teli plastici impermeabili ai gas (Ajwa *et al.*, 2003). La degradazione fotolitica e la normale diluizione sono le principali fonti di dispersione della cloropicrina nell'atmosfera. In presenza di luce la cloropicrina viene degradata rapidamente, formando atomi di cloro e ossidi di azoto, per scissione del legame C-N. Questa sostanza non ha un'azione sullo strato di ozono ma è classificata come gas tossico per cui le operazioni di utilizzazione, conservazione e trasporto devono essere eseguite da personale specializzato, munito di apposita patente di abilitazione (Messenger e Braun, 2000; De Lardereel *et al.*, 2001; Minuto *et al.*, 2003).

**Metan sodio e Dazomet.** Si tratta di fumiganti ad attività non-specifica usati come nematocidi, fungicidi, insetticidi e diserbanti (Tomlin, 1997). Il primo è un ditiocarbammato che deve le sue proprietà fungicide al gas (metilisotiocianato di sodio) che si produce nel terreno dalla sua decomposizione. Si tratta di una sostanza non particolarmente mobile nel terreno e per questo motivo le modalità di applicazione sono fondamentali per la loro distribuzione nel profilo del suolo.

Il metam sodio è un prodotto liquido che può essere somministrato prima dell'impianto di una coltura sotto forma di soluzione acquosa; può essere applicato solo su terreni nudi mediante iniezione profonda nel terreno o mediante irrorazione superficiale del terreno seguita da una irrigazione volta a far penetrare il prodotto a 15-20 cm di profondità.

Generalmente il Metan sodium risulta più efficace quando è applicato con la tecnica della "*drip fumigation*". La somministrazione in soluzione liquida consente di incrementare la penetrazione nel terreno, essa però comporta una maggiore possibilità di inquinamento della falda idrica. Il metam sodio non ha un'azione completa come il bromuro di metile; esso non è in grado di controllare i nematodi galligeni (*Meloidogyne* spp.) e i funghi dei generi *Fusarium* e *Verticillium* (Anonymous, 1993a).

Oltre alla scarsa capacità del fumigante di distribuirsi nel suolo, l'incapacità di controllare alcuni agenti patogeni è anche dovuto all'aumento di microrganismi che sono capaci di degradare il metam sodium (Smelt *et al.*, 1989). I vantaggi legati al suo utilizzo sono: bassi costi, ampio spettro d'azione contro i patogeni del terreno, innocuità sullo strato di ozono atmosferico. Tuttavia il prodotto metabolico iniziale, è un potenziale inquinante del suolo e delle falde acquifere, inoltre è stato classificato come probabile prodotto cancerogeno.

Per quanto riguarda il **Dazomet** è un fumigante ad azione polivalente contro nematodi, funghi, malerbe ed insetti del terreno. L'attività biologica del principio attivo si esplica durante il processo di decomposizione, durante il quale si liberano, tra l'altro, i gas metil-isotiocianato e l'idrogeno solforoso, prodotti attivi. Questo prodotto è disponibile in un formulato granulare che lo rende più facilmente manipolabile rispetto agli altri fumiganti. Esso viene incorporato uniformemente nel terreno mediante una fresatura. Al momento del trattamento il terreno deve essere livellato e sminuzzato e trovarsi nella

condizione di tempera; deve presentare una temperatura non inferiore ai 10° C alla profondità di 20-25 cm ed essere privo di residui di colture precedenti.

L'eventuale apporto di letame deve precedere di 40-45 giorni il trattamento; durante lo stesso non dovranno essere somministrati concimi organici o ammoniacali. Limitazioni nell'uso di questo fumigante sono legate al fatto che bisogna attendere 60 giorni prima di poter impiantare la coltura, per prevenire i sintomi di fitotossicità (Anonymous, 1993 b).

Dopo la distribuzione è bene praticare un'irrigazione superficiale da ripetere dopo 2-3 giorni. Per favorire la fuoriuscita dei vapori residui si consiglia di arieggiare dopo 20-25 giorni dal trattamento.

Lo **ioduro di metile** o lo **iodometano** è stato oggetto di notevoli attenzioni perchè costituisce un sostituto completo del bromuro di metile. Fornisce un controllo dei patogeni ad ampio spettro, viene degradato per fotolisi dalla radiazione ultravioletta più rapidamente rispetto al bromuro (per il quale occorre più di un anno per una completa degradazione, mentre per lo ioduro di metile bastano 2-8 giorni); è un composto che non degrada lo strato di ozono dell'atmosfera; è liquido alla temperatura ambiente e, quindi, si diffonde meglio nel terreno e l'applicazione è più sicura (Ohr *et al.*, 1996; Eayre *et al.*, 2000). In Italia e in altri Paesi della Comunità Europea sono in corso lavori per la sua registrazione.

Attualmente sono disponibili i risultati di ricerche condotte negli Stati Uniti dall'Università della California su terreni coltivati a fragola e fumigati con ioduro di metile e cloropicrina in confronto con un trattamento standard di bromuro di metile e cloropicrina, (Aiwa *et al.*, 1999); gli esiti produttivi che sono stati osservati sono ritenuti dalla comunità scientifica interessanti e promettenti.

In Europa e negli Stati Uniti è in corso un'attività di ricerca ai fini registrati anche di un altro fumigante, il **disolfuro di metile** (DMDS), sostanza i cui effetti biocidi contro nematodi e funghi parassiti del terreno sono stati notati alla fine degli anni '80. Infatti, il disolfuro di metile è una sostanza che già naturalmente è contenuta nei tessuti di diverse aliacee e brassicacee.

Applicato al terreno mediante irrigazione o iniezione profonda, è caratterizzato da una buona efficacia contro i parassiti tellurici in particolare nematodi e funghi. Inoltre è possibile miscelarlo con la cloropicrina per migliorarne l'azione fungicida. L'Italia è interessata da questo processo scientifico e registrativo, che vede coinvolta anche la coltura della fragola.

Nel corso degli anni 2004-2005 sono state condotte prove negli areali fragolicoli romagnoli e campani, utilizzando il DMDS singolarmente a differenti dosaggi ed in combinazione con cloropicrina, i cui dati sono stati pubblicati da Spotti (2009). Il lavoro ha messo in evidenza il potenziale di questo fumigante non solo nei confronti del testimone non trattato ma anche del fumigante chimico di riferimento, la cloropicrina in associazione a 1,3 dicloropropene.

Per la disinfezione del terreno è stata saggiata anche l'utilizzazione dell'**ozono**, che ha dimostrato un'ampia azione biocida ed è già ammesso per la fumigazione in post-raccolta. Questo prodotto si decompone rapidamente non lasciando residui. Da studi sull'utilizzazione dell'ozono per la fumigazione è emerso che determina una riduzione del potenziale di inoculo di *Verticillium* comparabile a quella ottenuta con il bromuro di metile. L'ozono ha, secondo Messenger e Braun (2000), le potenzialità per essere un vero fumigante del suolo.

#### **4.1.2 Gestione delle alterazioni di origine tellurica con strategie non chimiche**

L'interesse nel valutare nuove tecniche non chimiche a ridotto impatto ambientale come alternativa totale o parziale all'uso di agro – farmaci di sintesi, inclusi i geodisinfestanti, nella difesa delle colture induce nel settore grande fermento, non solo per l'applicazione in agricoltura biologica ma anche come risposta alla crescente richiesta del consumatore di cibi più sani e prodotti con un minor impatto sull'ambiente. Un approccio naturale nella gestione della fertilità mediante l'applicazione di molecole vegetali a elevata attività biologica, soprattutto se attraverso apporti significativi di sostanza organica, consente un incremento della qualità complessiva dell'agroecosistema, determinando quindi migliori condizioni di coltivazioni e un maggiore rispetto dell'ambiente. Le molecole di origine naturale, infatti, rivestono nella pianta un ruolo di difesa dai fattori biotici dimostrata dalla elevata attività nei confronti



di molti patogeni tra cui quelli del terreno. Le molecole naturali sono, al contrario della maggior parte dei composti di sintesi, classificate come biodegradabili, rinnovabili, con un impatto positivo sulla CO<sub>2</sub> e, nella maggioranza dei casi, a ridotta tossicità nei confronti dell'uomo.

Le strategie possibili, al momento applicate solo marginalmente sulla coltura della fragola ma già ampiamente sperimentate e validate, prevedono essenzialmente due tipi di approccio:

1. L'utilizzo di colture da sovescio verde di tipo convenzionale (favino, lupino, orzo ecc.), al fine di migliorare la fertilità e la regressività dell'agroecosistema attraverso l'apporto di sostanza organica e biodiversità, o di colture innovative selezionate in funzione delle loro potenzialità biocide. Tra queste sono comprese per esempio *Viola alba*, in grado di liberare acido metilsalicilico, *Ruta graveolens*, *Tagetes erecta* e, più recentemente, numerose sperimentazioni hanno riguardato l'utilizzo di Brassicaceae, che al momento dell'interramento liberano nel suolo isotiocianati.
2. La coltivazione di piante come fonti di principi attivi che, trasformati in formulati dall'industria agrochimica sottoforma di estratti, infusi, oli essenziali, farine o simili, ritornano al mondo agricolo, che li utilizza in alternativa ai tradizionali agrofarmaci di sintesi.
3. Ampia è la gamma di essenze di provenienza tropicale quali per esempio l'olio di Neem, ricco di sostanze tipo azadiractina A e B, estratto da *Azadirachta indica*, il piretro, ovvero una miscela di piretrine ad attività insetticida estratte da *Chrysanthemum cinerariaefolium*, le quassine, molecole ad azione insetticida estratte da *Quassia amara*; altrettanti sono i preparati a base di aglio e cipolla, peperoncino e nicotina, ottenuti da piante coltivate in areali temperati. In questo elenco sono da comprendere i formulati a base di farine di semi di *Brassica carinata*, utilizzati per trattamenti di biofumigazione nella fase di pre-impianto di colture tra le quali la fragola.

### **Principali classi di molecole ad attività biocida**

1. Alcaloidi: molecole complesse a volatilità molto ridotta ad azione fagoinibente con effetti secondari anche nei confronti dei funghi (nicotina, caffeina ecc.)
2. Terpeni e terpenoidi: idrocarburi a lunga catena e ad azione nematocida e battericida su Gram-positivi (geraniolo, mentolo, limonene ecc.)
3. Glucosidi: molecole composte da un glucide e un aglicone, genericamente dotate di proprietà biologiche di elevato interesse applicativo in quanto presenti in abbondanti quantità nelle cellule (allil-sulfossidi, glucosinolati, durrina, saponine ecc.)
4. Altri composti: sono noti moltissimi altri composti vegetali biologicamente attivi che però al momento non sono pronti per una utilizzazione commerciale (lignine, glicoproteine, fenoli, enzimi litici, tannini, inibitori di proteasi ecc.).

### **4.1.3 Alternative eco-compatibili al bromuro di metile**

#### **4.1.3.1 La Solarizzazione**

È una pratica a basso impatto ambientale ormai molto diffusa nelle coltivazioni degli ambienti meridionali, caratterizzati da una intensa irradiazione e dove durante i mesi estivi è possibile raggiungere livelli di temperature del terreno piuttosto elevate (Paratore, 1984). La solarizzazione è un trattamento fisico basato sullo sfruttamento dell'energia solare che permette l'eliminazione e/o la consistente riduzione delle popolazioni di microrganismi termosensibili presenti negli strati superficiali del terreno e contemporaneamente contribuisce alla riduzione del numero di specie infestanti. Per la buona riuscita del trattamento sono necessari 30-45 gg, in funzione dell'andamento termico stagionale e temperature superiori a 37°C (D'Anna, 2003). Le alte temperature, che interessano soprattutto i primi strati di suolo, sono letali o sub-letali nei confronti di molti funghi patogeni, batteri ed erbe infestanti (Katen, 1981; Katen, 2000), molto efficaci contro i nematodi degli steli (Greco *et al.*, 1985) e meno contro i nematodi che sono capaci di muoversi nel suolo per più lunghe distanze.

La solarizzazione riesce a controllare con successo specie di *Phytophthora*, *Pythium*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Sclerotium* e di altri patogeni fungini (Ghini, 1993), riduce lo sviluppo di *Cynodon dactylon* e *Sorghum alperse* (Elmore *et al.*, 1993) e di alcune erbe infestanti annuali invernali (*Avena fatua*, *Capsella bursapastoris*, *Poa annua*, *Raphanus raphanistrum*, *Senecio vulgaris*, *Montia perfoliata*) (Katane DeVay,

1991; Katan, 2000) ed estive (*Echinochloa crus-galli*, *Malva Parviflora* and *solanum nigrum*) (Bill, 1993). Mentre, la solarizzazione non è efficace nei confronti dei funghi patogeni localizzati a elevate profondità (*Armillaria* spp.) e di alcune erbe infestanti (*Cyperus* spp.).

Oltre all'effetto termico non va trascurato un effetto biologico indiretto e cioè l'aumento di microrganismi antagonisti spesso più tolleranti al calore dei patogeni terricoli. Il terreno da solarizzare va lavorato e baulato, dopodiché si procede ad un'irrigazione abbondante (fino al raggiungimento della capacità di campo, l'acqua condurrà il calore negli strati più profondi del terreno Medina-Minguez, 2002) e alla copertura del terreno con materiale plastico di PE, (EVA o PVC anche se, quest'ultimo e i materiali a doppia parete con intercapedine, hanno assicurato un migliore effetto termico) trasparente o di colore verde. Solitamente, nel Marsalese, si utilizzano film plastici trasparenti per permettere il passaggio delle radiazioni solari verso il terreno e per intrappolare il calore nello strato suolo-film pacciamante.

Tali operazioni vengono eseguite prima della solarizzazione per evitare ulteriori lavorazioni con conseguente rimescolamento degli strati superficiali del terreno. Negli ultimi anni si sta diffondendo l'utilizzo di un film coestruso verde di spessore 40 µ, ottenuto per coestrusione di 3 strati di EVA di uguale spessore, trasparente e con pigmento verde (fotoselettivo-riduzione per assorbimento della banda del visibile 500-600 mµ). I film coestrusi colorati in verde sono in grado di fornire, rispetto ai neri e ai tradizionali film trasparenti, maggiori incrementi della temperatura del terreno ed inibire del tutto l'eventuale crescita delle erbe infestanti; inoltre è stato provato che questi film verdi resistono all'intero ciclo di coltivazione della fragola con un risparmio di manodopera, in quanto il trapianto delle piantine viene effettuando forando lo stesso film.

L'introduzione sul mercato del coestruso verde ha risolto molti problemi legati allo smaltimento dei film plastici, in particolare nella disinfezione dei fragoletti. Tale tecnica ha determinato produzioni qualitativamente e quantitativamente uguali e/o superiori rispetto a quelle ottenute da piante allevate in terreno fumigato e pacciamato con PE nero (D'Anna *et al.*, 2009).

I risultati ottenuti con la solarizzazione in Sicilia, hanno fatto riscontrare produzioni uguali o superiori a quelle ottenute con la fumigazione con bromuro di metile.

Di contro vi sono delle limitazioni sull'impiego di questa tecnica, legate non soltanto al clima ma anche all'occupazione del suolo per un periodo compreso tra 40 e 70 giorni; inoltre i materiali utilizzati per la pacciamatura rappresentano un potenziale problema ambientale, a causa delle difficoltà legate allo smaltimento.

Per risolvere i problemi di impatto ambientale derivanti dall'utilizzo dei film plastici l'innovazione tecnologica propone nuovi materiali polimerici, talvolta anche biodegradabili come film di poliesteroammide (da tempo utilizzato in agricoltura come film pacciamante) o film di PVAxPCL o ancora film di agarosio (polisaccaride vegetale estratto da alghe marine, caratterizzato da una elevata idrofilicità e biodegradabilità).

Spesso all'effetto della solarizzazione si associa l'utilizzo di materiale organico (sostanza organica, piante biocide) la cui decomposizione comporta l'emissione di sostanze volatili che favoriscono il processo di fungistasi o sono direttamente letali per i parassiti (biofumigazione) (Lucchi e Baruzzi, 2002).

#### **4.1.3.2 Biofumigazione quale strategia di disinfezione biologica dei terreni da destinare a fragola**

Con il termine biofumigazione si intende l'effetto soppressivo su diversi patogeni del terreno di alcune Brassicaceae (*Brassica juncea*, *Eruca sativa*, *Raphanus sativus* ecc.), appositamente selezionate per la capacità di rilanciare isotiocianati derivati dall'idrolisi dei glucosinolati.

Questa tecnica è applicata anche sulla fragola attraverso l'interramento, in fase di pre-impianto, di sovesci verdi o, in alternativa, di formulati a base di farine disoleate, con buoni risultati anche nel breve periodo. A questi prodotti si è poi aggiunto anche un formulato liquido per la distribuzione in fertirrigazione sulla coltura in atto, che rappresenta un'ulteriore opzione per una gestione pratica ed efficace della tecnica.

Le specie appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae* sono caratterizzate, infatti, dalla presenza sia negli organi vegetativi che in quelli riproduttivi di composti glicosidici, i glucosinolati (GL) che in presenza dell'enzima endogeno mirosinasi (MIR) ed in ambiente acquoso, vengono rapidamente idrolizzati con produzione di una serie di metaboliti secondari principalmente rappresentati da isotiocianati ed in misura minore da nitrili, epitionitrili e tiocianati. (Sanchi *et al.*, 2005, Curto *et al.*, 2008, Furlan *et al.*, 2004).

I prodotti di idrolisi dei glucosinolati, che sono i responsabili del tipico aroma pungente delle salse di senape e di mostarda, sono caratterizzati da una spiccata attività biologica nel contenimento di alcuni patogeni, anche della fragola, quali i funghi responsabili del fenomeno della stanchezza dei terreni (*Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Sclerotinia* spp.) e di altri patogeni tellurici quali nematodi (*Heterodera schachtii*, *Meloidiogyne* incognita) ed elateridi (*Agriotes* spp.). L'interramento dell'intera biomassa consente, oltre all'azione biofumigante, un apporto dell'ordine di qualche Kg/m<sup>2</sup> di sostanza secca nel caso dei sovesci freschi e dell'ordine dei 300 g/m<sup>2</sup> di sostanza secca (con oltre il 5% di N organico) nel caso dei formulati a base di farine vegetali. L'applicazione dei materiali biofumiganti freschi o secchi, per il contemporaneo apporto di sostanza organica e molecole naturali attive nei confronti di microrganismi fungini e parassiti animali, si pone quindi come obiettivo prioritario la corretta gestione della fertilità fisica, chimica e biologica dei terreni quale elemento funzionale per l'incremento della competizione interna all'agroecosistema. Tale tecnica, applicata commercialmente su numerose colture orticole, si adatta anche alla fragola come dimostrato da numerose esperienze realizzate a partire dall'inizio degli anni 2000 sia con sovesci in pre-impianto sia con formulati a base di farine disoleate.

La tecnica della biofumigazione è di facile applicazione e può essere usata in sinergia con altre tecniche a ridotto impatto ambientale quali la solarizzazione e l'uso di antagonisti fungini, proponendosi quindi per la definizione di sistemi di gestione della fertilità "personalizzata" per ogni singola realtà produttiva in funzione del tipo di terreno, delle rotazioni, del tipo di patogeno dominante. Così la tecnica mostra, evidenti effetti, già sulla coltura successiva all'applicazione della biofumigazione, anche se i risultati migliori sono stati ottenuti in prove pluriennali simulando una rotazione orticola interamente gestita con diversi materiali per biofumigazioni utilizzando, specifiche selezioni di *Brassicaceae* idonee per la biomassa e l'elevata concentrazione di glucosinolati e coltivate con specifiche tecniche a ridotti input chimici.

### **Materiali per biofumigazione a base 100% naturale**

- Sovesci verdi: coltivazione e interrimento in pre-impianto di *Brassicaceae* selezionate per l'elevato contenuto di specifici glucosinolati: a) nella parte aerea per il

controllo dei funghi responsabili della stanchezza dei terreni, b) nella radice per l'effetto trappola (catch crop), specifico nei confronti di nematodi cisticoli e galligeni.

- Sovesci secchi: interrimento di formulati a base di farine residue di disoleazione sotto forma di pellet o farine a effetto fumigante per il contenimento dei patogeni del terreno.
- Formulati liquidi: distribuzione in drip irrigation, sulla coltura in atto, di emulsioni acqua-olio con aggiunta di formulati di farine biofumiganti.

Inoltre, anche la sostanza organica svolge un ruolo molto importante nel terreno e il suo impoverimento determina una riduzione dell'attività biologica. La sostanza organica è sempre fonte di equilibrio, anche in funzione della difesa delle piante e non solo per l'apporto equilibrato dei nutrienti che rafforza la pianta, ma anche per la diversificazione e moltiplicazione dei microrganismi terricoli, che svolgono un'azione di contrasto verso la specializzazione e colonizzazione di ceppi patogeni. La costante presenza di un elevato tenore di sostanza organica, infatti, consente di mantenere un'elevata attività biologica e condizioni di "repressività" nei confronti dei patogeni dell'apparato radicale. Sin dalla fine del secolo scorso, infatti, a livello internazionale in diversi centri di ricerca internazionali è stato avviato lo studio del sistema GL-MIR responsabile delle proprietà biologiche della biofumigazione naturale (Brown e Morra 1997; Rosa *et al.*, 1997).

Pur essendo stata esplorata anche la possibilità tecnologica di isolare il sistema GL-MIR per utilizzarne i principi attivi in purezza, le applicazioni pratiche della biofumigazione hanno finora previsto esclusivamente l'uso di materiali tal quali non sottoposti ad alcun processo di estrazione o concentrazione chimica ma caratterizzati, grazie ad uno specifico programma di miglioramento genetico, da un elevato contenuto del sistema Glucosinolati-Mirosinasi. Tale scelta infatti consente di offrire una risposta che non sia finalizzata al contenimento dei patogeni target, ma che sia invece in grado di determinare nel medio-lungo periodo un incremento complessivo della fertilità dei terreni derivato dalla somministrazione programmata di prodotti organici con diverse caratteristiche tecnologiche e dalle inequivocabili attività biostimolanti (Lazzeri *et al.*, 2009).

Possono essere utilizzate piante biocide da sovescio o fieni, formulati secchi e prodotti liquidi. Per quanto riguarda le **piante biocide da sovescio**, l'interramento dovrebbe essere effettuato nel periodo di inizio-piena fioritura della coltura, fase vegetativa che consente la maggiore produzione di biomassa, senza nel contempo correre il rischio di produzione di nuova semente che potrebbe divenire infestante della successiva coltivazione ortiva. L'interramento deve prevedere l'uso di tecniche che permettano una macinazione fine delle piante (per attivare la reazione di idrolisi dei GL in esse contenuti) ed il successivo rapido interrimento dei residui (per limitare la perdita per volatilizzazione dei prodotti di idrolisi caratterizzati da elevata volatilità) (Lazzeri *et al.*, 2009).

Dalla fine anni '90 infatti sono state studiate due diverse strategie in funzione del contenuto quali-quantitativo in GL nei diversi organi della pianta:

1. Piante ad azione trappola (*Eruca sativa* cv Nemat) selezionate per il contenuto nell'apparato radicale in GL tiofunzionalizzati e per questo in grado di svolgere nel terreno un'azione di pianta trappola nei confronti di alcuni patogeni del terreno quali soprattutto i nematodi galligeni. Questi infatti sono attirati sulla radice dagli abbondanti essudati radicali della pianta biocida, ma, nel momento in cui attaccano la radice, provocando la rottura dei tessuti radicali e avviando la reazione di idrolisi dei GL, sono inibiti a completare il proprio ciclo di sviluppo (Curto *et al.*, 2005).

Ampiamente sperimentate ed applicate in orticoltura, queste piante sono state utilizzate solo marginalmente nella rotazione della fragola a seguito di segnalazione di danni da *Meloidogyne incognita* nella fragolicoltura meridionale.

2. Piante ad azione biofumigante (*Brassica juncea* sel ISCI20, ISCI99, ISCI 34, ISCI61) selezionate per un elevato contenuto del glucosinolato sinigrina nella parte aerea, forniscono in fase di piena fioritura, quantità di biomassa variabili tra 5 e 20  $\text{tha}^{-1}$  di sostanza secca a seconda delle condizioni pedo-climatiche e dell'epoca di coltivazione (Lazzeri *et al.*, 2003b). La trinciatura della coltura prima dell'interramento determina l'avvio dell'idrolisi dei glucosinolati col rilascio dei corrispondenti prodotti di degradazione volatili che svolgono nel terreno un'efficace azione allelopatica di riequilibrio della flora microbica. La persistenza nel terreno di questi prodotti non supera le 72 ore dal momento dell'interramento (D'Avino *et al.*, 2005), in via cautelativa si consiglia di attendere qualche giorno prima del trapianto o una decina di giorni prima

della semina della successiva coltura, per evitare fenomeni di fitotossicità sulla coltura successiva.

**I fieni** di piante ad azione biocida sono coltivati in terreni marginali, la *B. juncea* viene seminata in autunno e successivamente affienata all'inizio della stagione tardo primaverile estiva, con le piante in fase di piena fioritura. Una volta prodotti, i fieni possono essere rotoimballati e trasportati sui terreni orticoli ove una volta distribuiti vengono interrati prima di una leggera irrigazione per attivare il rilascio dei prodotti ad azione biocida. Questa tecnica presenta il vantaggio di poter apportare la sostanza organica senza occupare il terreno ortivo per la coltivazione delle piante da sovescio con positivi risvolti economici. Gli svantaggi riguardano la diminuzione della biodiversità sul terreno orticolo rispetto alla pratica dei sovesci verdi e la degradazione di una quota dei GL durante la fase di affienamento, che può raggiungere, in concomitanza di precipitazioni durante la fase di essiccazione, anche il 50% del totale (Lazzeri *et al.*, 2009).

**I formulati secchi** a base di farine disoleate di Brassicaceae si basano sull'utilizzo di farine vegetali opportunamente disoleate, formulate e pellettate con procedura brevettata (Lazzeri *et al.*, 2002; Lazzeri *et al.*, 2008) al fine di modulare nel tempo il rilascio dei prodotti di idrolisi dei GL e massimizzarne così, anche grazie alla sostanza organica interrata, il ruolo di incremento quantitativo e qualitativo della microflora tellurica. Questi prodotti sono stati considerati particolarmente adatti ad una utilizzazione per le coltivazioni ad alto reddito (nelle quali rientra anche la fragola) in quanto non richiedono i tempi ed il lavoro richiesto dai sovesci di piante sia fresche che secche e sembrano quindi adatti soprattutto per quelle colture che mal si prestano alla coltivazione delle piante biocide in semina intercalare. Oltre all'azione biofumigante correlata al contenuto unitario in GL da 8 a 10 volte superiore ai sovesci, la composizione chimica delle farine biocide presenta un'interessante potenzialità fertilizzante, sia per il contenuto in azoto organico a lento rilascio, sia in fosforo assimilabile e potassio che ne giustifica l'inquadramento commerciale come ammendanti organici ammessi in agricoltura biologica (Lazzeri *et al.*, 2009). La sperimentazione dei pellet in fragolicoltura condotta a Cesena nel 2004-'05 su fragola in regime convenzionale e biologico ha evidenziato un incremento di produzione nelle tesi



trattate con la formulazione commerciale biofumigante e con la farina di disoleazione tal quale rispetto al controllo non trattato (letame).

La valutazione fitopatologica delle piante in fase avanzata di raccolta ha confermato quanto emerso dai dati produttivi: le piante delle tesi trattate con la formulazione commerciale biofumigante non hanno mostrato fenomeni di sofferenza in grado di ridurre il potenziale produttivo, la tesi non trattata ha mostrato sempre, fin dalla ripresa vegetativa, una vigoria minore ed una colorazione fogliare decisamente più clorotica. Le piante della tesi con la farina di disoleazione sono risultate nel complesso maggiormente produttive, ma da un punto di vista fitosanitario hanno mostrato una situazione intermedia rispetto alle altre due tesi (Lazzeri *et al.*, 2009).

**I prodotti liquidi** sono emulsioni acquose in olio vegetale contenenti piccole dosi di farine. Vi sono due diverse formulazioni (per il trattamento dell'apparato fogliare e per quello radicale) entrambe basate sullo sfruttamento della solubilità dei prodotti di idrolisi dei GL in una matrice oleosa, che svolge, quindi, oltre ad un effetto fisico asfissiante nei confronti di funghi ed insetti, anche un'azione di *carrier* dei prodotti biofumiganti, rallentandone la dispersione nell'atmosfera (Rongai *et al.*, 2006; Lazzeri *et al.*, 2008).

La biofumigazione, la solarizzazione e l'uso di organismi antagonisti si prestano quindi alla definizione di vere e proprie strategie per la coltivazione di colture orticole e frutticole basate sui principi di ecocompatibilità e biodiversità.

#### **4.1.3.3 Varietà tolleranti e/o resistenti ai principali patogeni terricoli**

L'attività di ricerca pubblica di miglioramento genetico, sta cercando di individuare nuovi genotipi di fragola resistenti e/o tolleranti ai patogeni dell'apparato radicale, in grado di fornire un buon comportamento agronomico anche in terreni non fumigati e ristoppati.

Lo sviluppo di cultivar che si adattano a specifiche condizioni ambientali potrebbe essere la strategia più efficace per ridurre o eliminare l'uso di fitofarmaci. Varietà resistenti o tolleranti ad uno o pochi patogeni specifici sono già disponibili per diverse specie coltivate, in particolare, per la fragola vi sono varietà resistenti a *Verticillium dahliae*, che però non hanno avuto successo (Browne *et al.*, 1999). In Inghilterra, Florence è una cultivar che presenta una moderata resistenza a *Verticillium spp.*

I risultati di alcuni studi condotti in California e Florida hanno mostrato che la produzione delle piante di fragola su terreno non fumigato è sempre stata inferiore a quella delle piante coltivate su terreno fumigato. Inoltre non si è mai evidenziato materiale genetico idoneo ad essere coltivato in terreni non fumigati senza perdite significative di produttività. Per questa ragione gli studi americani hanno concluso che ci sono poche possibilità di ottenere cultivar adatte a terreni non fumigati (Chandler *et al.* 2001).

Analoghi studi eseguiti in Italia hanno, indicato l'esistenza, fra il materiale genetico selezionato a Cesena, di accessioni in grado di ben adattarsi ai suoli non fumigati (Faedi *et al.*, 2000; Baruzzi *et al.*, 2002). Recenti prove eseguite nel cesenate da Baruzzi *et al.*, (2008a) hanno fatto emergere la presenza di alcune varietà, quali Record, Roxana, e tre nuove varietà, Tecla, Zeta e Unica, ottenute dal breeding pubblico, (Faedi *et al.*, 2008), caratterizzate da resistenza e/o tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale e quindi in grado di ben comportarsi su terreno non fumigato e biologico e che ben si adattano all'utilizzo come pianta fresca "cima radicata". Questa tipologia di pianta si è confermata di grande interesse per i terreni non fumigati e per le coltivazioni biologiche dove ha evidenziato un miglior comportamento produttivo rispetto a quello delle piante frigoconservate.

#### **4.1.3.4 La tecnica del "fuori suolo" o "coltivazione senza suolo"**

Rappresenta un'importante innovazione di coltivazione introdotta negli ultimi anni nel settore delle colture specializzate e protette, ed un'alternativa alla disinfestazione chimica effettuata con bromuro di metile. E'una tecnica che consente di isolare la coltura dal suolo infetto ed utilizzare, con risultati ottimali, aree che viceversa difficilmente sarebbero in grado di ospitare la stessa specie per ulteriori cicli di coltivazione. Questi sistemi di coltivazione oltre a permettere di superare i problemi correlati con la stanchezza del terreno (specializzazione di patogeni radicali, accumulo di sali, di sostanze allelopatiche ecc.) consentono anche il controllo della nutrizione minerale in modo da ottenere un miglioramento quali-quantitativo della soluzione. Nei Paesi Bassi, infatti, sin dal 1980, l'uso del bromuro di metile nei sistemi colturali in serra è stato eliminato con l'adozione dei sistemi fuori suolo (Braun e Supkoff, 1994).

Le coltivazioni in fuori suolo però non sono del tutto immuni dai patogeni contro i quali si effettua la disinfezione. La bassa attività biologica e la mancanza di diversità della popolazione microbica, tipica della maggior parte dei substrati nuovi non utilizzati, li rende maggiormente sensibili alla ricolonizzazione da parte di organismi patogeni fungini appartenenti ai generi *Fusarium*, *Pythium* e *Phytophthora*, mentre rari sono gli attacchi da parte di nematodi galligeni. E' stato, però, osservato che diversi tipi di compost possono svolgere un'attività repressiva nei confronti dei microrganismi fitopatogeni ovvero hanno la capacità di contenere, più o meno efficacemente, uno o più patogeni nonostante la coltivazione di ospiti suscettibili e la presenza di condizioni pedologiche e ambientali favorevoli all'espressione della malattia (Garibaldi, 1983). La capacità repressiva del compost può avere origine chimico-fisica, ovvero essere legata a specifiche caratteristiche fisiche quali il pH, o microbiologica, in quanto legata alla presenza di una microflora antagonista, oppure, come accade più spesso, avere entrambe le origini (Hoitink e Fahy, 1986).

Le colture fuori suolo si possono suddividere in base al tipo di supporto della pianta in: colture su substrato (artificiale, minerale o organico o un mix di questi) e colture senza substrato dove non si prevede alcun supporto organico per l'ancoraggio dell'apparato radicale, il quale è più o meno immerso in una soluzione nutritiva quali Nutrient Film Technique NFT e Floating System. Un altro tipo di classificazione può essere eseguita in funzione della gestione della soluzione nutritiva ovvero del riutilizzo o meno del drenato. Infatti distinguiamo colture a ciclo aperto e colture a ciclo chiuso.

Nelle colture a ciclo aperto, la soluzione drenante non viene riutilizzata e normalmente viene utilizzata per la fertirrigazione di colture esterne su terreno. In ogni caso rappresenta una fonte di perdite di acqua e nutrienti ma soprattutto d'inquinamento.

Nelle colture a ciclo chiuso, invece, la soluzione esausta viene recuperata, reintegrata e risomministrata alla coltura. Questa però deve essere sottoposta a disinfezione al fine di garantire un basso rischio di ridistribuzione di eventuali patogeni tramite la stessa soluzione riciclata (Runia et al., 1988; Runia, 1994; Stanghellini *et al.*, 1996; Zinnen, 1988). É quindi evidente che il sistema a ciclo chiuso rispetto a quello a ciclo aperto, presenta maggiori rischi dal punto di vista fitopatologico, anche se riduce la dispersione nell'ambiente e i consumi di acqua e di sostanze fertilizzanti (Tognoni e Serra, 1994).

Diversi sono i sistemi di lotta diretti che possono essere adottati per la disinfezione della soluzione circolante riutilizzata: il calore, i raggi ultravioletti, gli ultrasuoni, l'ozono, la filtrazione e i mezzi chimici (Van Os e Stanghellini, 2001).

I sistemi di **disinfezione tramite calore** prevedono un riscaldamento dell'acqua di ricircolo alla temperatura di 95°C per 30 secondi (Runia, 1988). Questa tecnica presenta dei limiti legati alla presenza di calcio e di altri elementi che in seguito al trattamento precipitano.

**Gli UV** sono radiazioni elettromagnetiche che, a lunghezza d'onda tra 200 e 280 nm, possiedono un elevato potere biocida, massimo a 253,7 nm (Runia, 1994). I principali problemi che questa tecnica incontra sono legati alla torbidità delle acque, poichè la presenza di particolato e i chelati metallici possono ridurre l'assorbimento energetico dei diversi strati di soluzione (Stanghellini e Rasmussen, 1994).

**L'ozono gassoso** iniettato nella soluzione, preventivamente stabilizzata a pH 4, al fine di prolungare l'azione ossidante dell'ozono stesso (Runia 1988; Stanghellini e Rasmussen, 1994) permette di ottenere risultati soddisfacenti su *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* e virus del mosaico del tabacco (TMV) (Minuto *et al.*, 2002) e, inoltre grazie alla sua elevata reattività con essudati radicali e residui di fitofarmaci, riesce a ridurre i rischi connessi con lo smaltimento delle soluzioni circolanti potenzialmente inquinate da fitofarmaci (Runia 1988; Stanghellini e Rasmussen, 1994). L'impiego di ultrasuoni, tecnica ancora poco studiata, causa un danno fisico alle strutture cellulari fungine e batteriche.

La **filtrazione su sabbia** è la tecnica di più semplice e pratica utilizzazione per la lotta a diverse specie di Phytophthora (Vankuik, 1994) e ad altri parassiti vegetali (Van Os and Postma, 2001; Wohanka, 1995) presenti nelle soluzioni riciclate. La tecnica prevede l'impiego di sistemi di filtrazione lenta su sabbia, all'interno dei quali, oltre a meccanismi di azione fisici (Wohanka, 1995) è coinvolta la microflora batterica in grado di inattivare organismi parassiti fungini, batterici e virali (Van Os e Postma, 2001).

Per quanto riguarda l'uso di **prodotti chimici**, svariate sono le motivazioni che rendono difficile l'applicazione di tale metodologia, innanzitutto non ci sono prodotti regolarmente registrati per i sistemi fuori suolo e comunque i periodi di sicurezza da rispettare sarebbero molto lunghi e si potrebbero inoltre verificare fenomeni di

resistenza e di fitotossicità (Garibaldi *et al.*, 2001). Tra i **mezzi chimici**, l'uso di sostanze clorogeniche e del cloro gassoso, nonostante venga suggerito da alcuni autori (Poncet *et al.*, 1999) non è un'interessante opportunità per i rischi di fitotossicità (Garibaldi *et al.*, 2001) e i danni a operatori presenti nelle aree di coltivazione.

## Impianto del fragoletto

---

### 5. Introduzione

La produttività di un fragoletto dipende sia dalle scelte effettuate prima dell'impianto, che dalle tecniche colturali usate in fase di coltivazione. In fase di pre-impianto, le scelte riguardano la tipologia di pianta, l'epoca d'impianto, la durata del ciclo, la preparazione e geodisinfestazione del terreno e la cultivar. Tali scelte devono tenere conto dell'ambiente di coltivazione, dei mezzi di protezione utilizzati (forzatura o semi-forzatura), e del mercato.

#### 5.1 Tipologia di piante

Per la buona riuscita del fragoletto la scelta del tipo di pianta gioca un ruolo fondamentale.

La moderna fragolicoltura richiede materiale di propagazione garantito da un punto di vista fitosanitario, al fine di contrastare le avversità più diffuse, e geneticamente rispondente alle caratteristiche varietali. Quindi risulta necessario impiegare “piante certificate”, esenti dalle avversità più diffuse (virosi, crittogame, batteriosi, acari, nematodi galligeni e fogliari) prodotte in vivai soggetti a una serie di controlli genetici e sanitari da parte degli organi responsabili della certificazione a livello nazionale quali il MIPAAF. Il materiale certificato si distingue da quello standard, per un cartellino apposto sulla confezione di vendita che ne garantisce l'origine ed i controlli avvenuti (Faedi W. e Lucchi, 2002).

Per quel che concerne la tecnica di coltivazione, negli ultimi anni si è assistito ad una continua evoluzione del materiale vivaistico utilizzato negli impianti dei fragoletti

(Pagliarani e Faedi, 1995; Lucchi, 2002). In Italia la maggior parte degli impianti sono realizzati con piante frigoconservate, anche se negli ultimi anni l'uso di piante fresche è aumentato considerevolmente.

Attualmente sul mercato è possibile reperire due tipologie di piante: le frigoconservate (A, A+ Waiting bed e Tray plant) e le piante fresche (a radice nuda e cime radicate).

**Piante“A”:** vengono prodotte in appositi vivai costituiti nel periodo primaverile, in terreni sabbiosi ben drenati e livellati ed estirpate meccanicamente in inverno, nella fase di pieno riposo vegetativo. Una volta giunte alla sala di lavorazione, si eliminano eventuali residui di terra aderente alle radici, successivamente vengono asportate le foglie restanti lasciandone solo una o due centrali più giovani, e poi selezionate in base al diametro del colletto che deve essere compreso, per queste categorie, fra 8-12 mm.

A questo punto le piante vengono poste in casse di legno, confezionate in sacchi di polietilene trasparente, e sottoposte ad un trattamento fungicida che unisce la funzione di prevenzione dallo sviluppo di funghi a quella di inumidire bene le piante per ottenere un rapido congelamento ed una corretta frigoconservazione alla temperatura costante di -1-2°C (Lucchi, 2002). L'impianto con questa tipologia di piante viene effettuato a fine luglio –inizio agosto nelle aree fragolicole del nord Italia e a fine agosto per quelle del sud e delle isole.

**Piante“A+”:** piante di elevate dimensioni con calibro al colletto maggiore di 14 mm. Si ottengono da appositi vivai nei quali viene eseguita una distribuzione uniforme della catena stolonifera e, in alcuni casi, a partire dal mese di luglio, si asportano le piante madri e le piante più giovani non radicate. Queste operazioni favoriscono, evitando l'eccessiva densità del vivaio, l'ingrossamento delle piantine. Questa tipologia di pianta viene frigoconservata con una rosetta di foglie giovani e vengono utilizzate negli impianti per produzioni in estate-autunno (Lucchi e Antonacci, 1997).

**Piante“WB”:** piante di grosso calibro, prodotte in appositi letti di attesa (waiting bed) originate da una pianta frigoconservata di piccole dimensioni (A-) o da una pianta fresca “a radice nuda” o “cima radicata”, messe a dimora verso la fine di giugno - primi di

agosto, alla distanza di piantagione di cm 30-35 x 30-35, alla densità di 120-180.000 piante/ha.

Lo scopo principale è quello di ottenere tramite un ulteriore ciclo vegetativo l'ingrossamento delle piante di partenza. Se questa è frigoconservata, le piante ingrossate subiscono una seconda frigoconservazione prima della loro messa a dimora in campo, presentando quindi una parte di tessuti con un'età di due anni. Più giovani di quasi un anno risultano, invece, le piante WB, ottenute da piante fresche. Le piante vengono selezionate in base al numero di germogli che presentano al momento dell'estirpazione (in genere da 1 a 3) e frigoconservate con le giovani foglie. L'utilizzo di queste piante è finalizzato principalmente alle colture programmate. Devono garantire in brevi periodi, produzioni elevate e frutti di elevata qualità e pezzatura uniforme.

**Piante “TP” (Tray plant):** Sono piante anch'esse ingrossate non in vivaio, ma su un substrato di torba, in contenitori alveolati di plastica con fori di 7-8 cm di diametro, partendo da piante fresche cime radicate, ottenute da cime di stoloni prelevati durante l'estate, e posti a radicare in ambienti protetti, muniti di sistema di irrigazione tipo mist e allevate con opportune fertirrigazioni. L'utilizzo di queste piante si è avuto inizialmente presso alcune stazioni sperimentali del Nord Europa, per far fronte ai problemi sanitari e ai lunghi periodi di frigoconservazione che si riscontravano con l'utilizzo delle piante WB. In pieno riposo vegetativo, le piante vengono frigoconservate con il proprio pane di terra e con le foglie centrali più giovani, fino al momento della piantagione che avviene generalmente nel periodo primaverile.

Negli ultimi anni la fragolicoltura meridionale ha registrato un forte cambiamento della tecnica colturale che ha visto l'abbandono quasi generalizzato dell'utilizzo delle piante frigoconservate, a favore di quelle fresche. Tutto ciò ha modificato gli obiettivi dell'attività di breeding, oggi maggiormente finalizzati alla costituzione di genotipi pienamente adatti a questa tecnica.

**Piante fresche o vegetanti:** Si distinguono due ulteriori tipologie: “a radice nuda” e con pane di terra o “cime radicate”. Attualmente gli impianti di fragola in Sicilia sono



effettuati: il 48% con piante fresche “a radice nuda”, il 39% con cime radicate, ed il rimanente 13% con piante frigoconservate.

**Piante fresche “a radice nuda”:** sono prodotte in vivai appositamente costituiti in primavera; estirpate meccanicamente, in genere, ai primi di ottobre, vengono subito commercializzate senza foglie, poichè vengono tagliate appena al di sopra del colletto (Lucchi, 2002). Le piantine sono poste, in cassette di legno, in posizione eretta dentro sacchi di film plastico per mantenere l'apparato radicale con un buon grado di umidità.

**Piante fresche “Cime radicate”:** sono ottenute prelevando da vivai opportunamente predisposti (in fuori suolo o in situ distribuendo della paglia sotto gli stoloni per evitarne la radicazione in campo) piantine figlie non radicate ma provviste di abbozzi radicali. Le piantine vengono messe a radicare in contenitori alveolati di polistirolo riempiti di torba o fibra di cocco e posti in ambiente ombreggiato e sotto *mist*. La radicazione avviene in 25-30 gg e le piantine sono pronte per il trapianto, che in Sicilia avviene tra fine settembre inizio ottobre (D’Anna e Moncada, 2003).

Il consenso dei produttori verso la pianta fresca (a “radice nuda” e con pane di terra “cime radicate”) rispetto a quella frigoconservata è da attribuire a diversi fattori:

- maggiore tolleranza agli stress abiotici e ai patogeni dell’apparato radicale grazie alla più giovane età dei tessuti e ai minori tempi in cui la pianta rimane a contatto col terreno;
- piantagione più tardiva, di oltre un mese rispetto a quella delle piante frigoconservate con conseguenti minori consumi irrigui e maggiore tempo disponibile per effettuare la solarizzazione del terreno nel pre-impianto;
- maggiore precocità di maturazione e più lunga durata del periodo produttivo; fattori che consentono una migliore efficienza complessiva della pianta e una migliore gestione della manodopera in azienda;
- minori costi di produzione per riduzione degli interventi colturali quali asportazione dei fiori dopo il trapianto e degli stoloni in autunno;
- miglioramento delle caratteristiche qualitative dei frutti, soprattutto del residuo secco rifrattometrico.

## **5.2 Produzione di piante fresche a “radice nuda”**

Sono ottenute principalmente in Spagna, in vivai di altura, anche se in questi ultimi anni sono iniziate produzioni nell'Europa dell'Est (Polonia, Bielorussia). Le piante madri sono messe a dimora in vivai costituiti in primavera (aprile) su terreni sabbiosi, in altura, caratterizzate da freddi autunnali molto precoci, determinanti per le piante prima del loro trapianto in campo (ottobre). Per garantire una programmazione delle estirpazioni, i vivai sono costituiti a diverse altitudini: da 700-800 m fino a 1.000-1.200 m. Le buone disponibilità idriche della zona permettono un'efficiente irrigazione e produzioni elevate per ettaro (fino a 700.000 piante). Il terreno si prepara secondo la tecnica più idonea per i campi per l'ottenimento di piante, che consiste in una lavorazione di 20-30 cm, diserbo con prodotti pre-germinello incorporati dentro il terreno (Trifluralin e linuron), un ammendamento organico (100 t/ha) e 10 t/ha di  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , l'irrigazione effettuata con impianto a microportata con ala gocciolante posizionata in corrispondenza della fila, mentre nell'interfila, per garantire condizioni di umidità idonei ad una pronta radicazione delle piantine degli stoloni, è stata utilizzata un'altra ala gocciolante, messa in opera nel mese di luglio. In copertura sono state apportate per fertirrigazione 160Kg/ha di N, distribuiti in 3 interventi.

Si eliminano i fiori alla comparsa e si monitora lo stato fitosanitario della coltura per garantire una buona sanità al materiale vivaistico. Nel caso si rendano necessari si effettuano trattamenti per il controllo dell'oidio, dell'antracnosi, per gli acari con prodotti specifici registrati per la coltura. Durante i mesi estivi la pianta emette gli stoloni che radicano in campo e nel mese di ottobre vengono estirpate. Le piante figlie che presentano un apparato radicale ben sviluppato si possono defogliare manualmente o meccanicamente prima dell'estirpazione mantenendo una o due foglie per pianta, in modo da favorire l'attecchimento e una rapida ripresa in campo dopo la piantagione (ridotta superficie traspirante ma presenza di strutture in grado di fotosintetizzare ).

Confezionate in casse di legno, vengono quindi immediatamente spedite per essere poste a dimora nelle aree meridionali di tutto il bacino del mediterraneo.

Il periodo che intercorre tra estirpazione e messa a dimora delle piante nei fragoleti deve essere il più breve possibile (2-3 giorni) ed il trasporto deve essere effettuato a basse temperature (4-6°C) ed alta umidità per evitare i fenomeni di disidratazione dei tessuti.

Spesso, questo periodo è troppo lungo, anche a causa della notevole distanza tra i vivai e le zone di coltivazione, con conseguenti stress alle piante che causano ritardi di ripresa vegetativa o addirittura un'alta incidenza di morie (Baruzzi *et al.*, 2007).

Controversa e ancora dibattuta è l'importanza del numero di ore di “freddo” (temperatura  $< 7^{\circ}\text{C}$ ) a cui le piante fresche devono essere sottoposte nei vivai prima della loro estirpazione (Voth e Bringham, 1990; Faedi *et al.*, 1986; Voth e Bringham, 1970). In genere al momento dell'estirpazione (inizio ottobre), il quantitativo di freddo che si ha in Spagna o in Polonia, a differenza della California, non è molto elevato. Spesso infatti al fine di incrementare il numero di ore in freddo alle piante si tende a ritardarne l'estirpazione dai vivai, con riflessi negativi sul comportamento produttivo delle piante in campo poichè la pianta non riesce a raggiungere un sufficiente sviluppo vegetativo prima dell' inverno. Alcune prove sperimentali hanno fornito utili indicazioni sul ruolo “del freddo” nei vivai di piante fresche. In Florida, piante prodotte in vivai situati vicino alle zone di produzione e quindi senza ore di freddo sono risultate in grado di produrre al pari delle piante fresche prodotte nei vivai localizzati in Canada, che invece avevano subito molte ore in freddo (circa 1000) prima dell'estirpazione (Chandler *et al.*, 2001).

Anche in Italia alcune esperienze hanno dimostrato la buona efficienza produttiva di piante fresche che non avevano ricevuto ore di freddo prima dell'estirpazione ( Faedi *et al.*, 1986; D'Anna e Accardi, 1991; Faedi *et al.*, 2004; Baruzzi *et al.*, 2007; D'Anna *et al.*, 2007); al contrario la fragolicoltura californiana si basa sull'impiego di piante fresche che hanno accumulato nei vivai prima dell'estirpazione un quantitativo vicino alle 1000 ore di freddo (Voth e Bringham, 1970; Voth 1989; Voth e Bringham, 1990). Appare ipotizzabile che possano coesistere, per le cultivar adatte agli ambienti meridionali, due risposte diverse al quantitativo di freddo invernale. E', infatti possibile ottenere buone produzioni in assenza totale di freddo o con l'apporto di un elevato quantitativo (Faedi *et al.*, 1986).

Il problema sembra essere l'entrata o meno nella fase di dormienza delle piantine in vivaio prima della loro messa a dimora nei campi di produzione: una volta che questa fase è iniziata, solo un adeguato quantitativo di ore di freddo è efficace per interromperla. Al contrario, quando la dormienza non è ancora iniziata il trapianto a fine settembre-inizio ottobre nei campi di produzione e il cambiamento del termoperiodo,

favorito anche dalla protezione della coltura, permette una pronta ripresa dell'attività vegetativa e poi produttiva delle piante.

Generalmente, le piante fresche prodotte nei vivai polacchi e spagnoli, sono sottoposte ad un limitato numero di ore di freddo, che è sufficiente per avviare la dormienza ma non per interromperla. In questo caso una volta messe a dimora nei campi di coltivazione possono avere un ritardo nella ripresa vegetativa e quindi avere ripercussioni negative sul livello produttivo complessivo (Baruzzi *et al.*, 2007). E' necessario disporre sempre di piante ben sviluppate, ottenute in vivai con bassa densità (1,5 piante/m<sup>2</sup>), poichè l'eccessiva fittezza induce le piante a filare, concimate in maniera adeguata, evitando di fornire l'azoto in maniera sproporzionata, che causa un prolungamento dell'attività vegetativa e un ritardo ed una riduzione della differenziazione delle gemme, che deve iniziare già nei vivai prima dell'estirpazione (Savini *et al.*, 2004).

Il ricorso alle piante fresche non è privo di inconvenienti:

1. repentini abbassamenti di temperatura in inverno possono causare l'arresto dell'attività vegeto-produttiva, proprio per questo si attua la forzatura anticipata della coltura fin dalla metà di ottobre;
2. piantagioni ritardate (oltre la prima decade di ottobre), dovute troppo spesso alla tardiva disponibilità del materiale vivaistico di origine estera, causano un ridotto sviluppo della pianta e conseguenti limitati livelli produttivi. Prove sperimentali, condotte a Marsala, hanno dimostrato che l'anticipo di piantagione di 11 giorni (dal 28 al 17 ottobre) consente un incremento del 35% della produzione precoce raccolta fino a marzo (D'Anna *et al.*, 2000).
3. percentuale (in alcuni casi molto elevata) di fallanze che si possono riscontrare dopo il trapianto.

L'impiego quasi esclusivo di materiale vivaistico prodotto in vivai esteri, determina, in considerazione della lontananza dei vivai dalle zone di produzione, forti stress dovuti ai tempi di trasporto molto lunghi e conseguente difficoltà di ripresa vegetativa delle piante dopo la loro messa a dimora in campo. In particolare il taglio dell'apparato fogliare, la perdita di una parte dell'apparato radicale nelle fasi di estirpazione dai vivai, la perdita elevata di sostanza di riserva e di acqua per i lunghi trasporti ne compromettono l'attecchimento e la produttività.

Negli ultimi anni, proprio per queste ragioni, sono iniziate alcune interessanti sperimentazioni sull'attività vivaistica nelle zone d'altura del sud Italia (monte Pollino, altopiano della Sila, monti Sicani, Nebrodi, Etna e Madonie), al fine di produrre piante fresche direttamente nelle aree fragolicole meridionali, vicino alle aree di coltivazione (Baruzzi *et al.*, 2007; D'Anna *et al.*, 2007b; D'Anna *et al.*, 2009;). Per ovviare a questi inconvenienti si è cercato di costituire dei vivai in diverse zone di altura della Sicilia (Cammarata-Bronte-Brolo), per la produzione di piante fresche, ottenendo produzioni soddisfacenti. I vantaggi sarebbero, piante fresche a costi più contenuti per i minori tempi di trasporto, che intercorrono tra il vivaio e la zona di coltivazione, le piante vengono trapiantate nei campi di produzione lo stesso giorno, inoltre una migliore qualità per il mantenimento dell'apparato fogliare, che incide favorevolmente sulla ripresa vegetativa, sulla precocità di maturazione e sulla produttività complessiva. Precedenti ricerche hanno dimostrato che un anticipo del trapianto ad ottobre anche soltanto di 10 giorni si traduce in considerevoli incrementi produttivi (+35%) ottenibili entro marzo, periodo produttivo molto interessante sotto il profilo economico (D'Anna F. *et al.*, 2000).

### **5.3 Produzione di piante fresche “cime radicate”**

La cima radicata è un tipo di pianta fresca, originata da stoloni con piantine figlie, che non hanno mai radicato ma provviste di abbozzi radicali (D'Anna e Moncada, 2003).

Può essere prelevata da appositi vivai d'altura, in cui è stata distribuita della plastica nera o della paglia, per impedire la formazione di radici o da coltivazioni fuorisuolo in cui gli stoloni sono lasciati pendere verticalmente. Quest'ultimo metodo sembra dare i migliori risultati con 200-300 cime/m<sup>2</sup> (6 piante madri/m<sup>2</sup>: 1,5-0,15 x 0,2 m) (D'Anna e Iapichino, 2000). Le piante devono essere fertilizzate in maniera frequente e devono essere rimossi i fiori, così come avviene anche per le piante fresche a radice nuda.

Per preparare gli espianti, il fusto dello stolone viene tagliato ad una lunghezza di 1,5-2cm, lasciando un peduncolo sufficiente per facilitare la successiva sistemazione nei contenitori alveolati, riempiti con fibra di cocco. Le piantine prelevate dallo stolone devono presentare primordi radicali ben visibili. E' meglio evitare di prendere le piantine più vecchie, poichè tendono ad avere abbozzi radicali rinsecchiti o in fase di suberificazione. E' stato osservato che non c'è alcuna differenza di radicazione tra le

piante posizionate in prossimità della pianta madre e quelle in cima al filamento stolonifero, ma queste ultime non presentano radici suberificate (D'Anna e Iapichino, 2002). Questi Autori hanno inoltre osservato che “cime radicate” di Tudla<sup>R</sup>Milsei ottenute da vivai fuori suolo e provenienti da piante poste all'estremità del filamento stolonifero hanno prodotto più precocemente rispetto a quelle poste più vicino alla pianta madre. Questo comportamento potrebbe essere spiegato con il maggiore ombreggiamento che queste piantine subiscono invivaio (giorno corto) che ha permesso una precoce differenziazione a fiore ed una precoce fioritura e maturazione dei frutti.

Le piantine ottenute dagli stoloni sono disposte in contenitori di polietilene con 84 alveoli di cm 40 x 60, irrorati con sistema di nebulizzazione e posti in ambiente ombreggiato (Faedi e Paglierani, 1995). E' necessario che, durante i primi tre giorni, l'umidità dell'aria che circonda le piantine sia del 100% e dopo una settimana si riduca del 40-50% (Hennion *et al.*, 1997).

Le piantine radicano in 25-30 giorni e possono essere trapiantate nei campi di coltivazione, con ottime percentuali di attecchimento. Le piantine con pane di terra trapiantate, nelle aree mediterranee, durante la seconda decade di settembre, non subiscono stress di trapianto, si sviluppano rapidamente e producono precocemente (20-40 gg prima rispetto alle piante fresche vegetanti e alle frigoconservate) frutti di pezzatura omogenea durante tutto il periodo di raccolta.

Questo tipo di piante presenta le stesse caratteristiche positive delle piante fresche a radice nuda e impone la necessità di coprire i tunnel entro metà ottobre, ma presentano inoltre il vantaggio di avere minori problemi di ripresa dopo il trapianto consentendo una maggiore omogeneità d'impianto.

La diffusione delle piante fresche “cime radicate” sta aumentando anche negli ambienti settentrionali (cesenate e cuneese) dove sono preferite alle piante frigo-conservate non tanto per ottenere un anticipo di maturazione (2-3 giorni), ma per la possibilità di posticipare l'epoca di piantagione, con notevoli risparmi idrici, per le ridotte mortalità all'impianto, per l'equilibrato sviluppo vegeto-produttivo e per la maggiore tolleranza che questa pianta presenta nei confronti dei patogeni dell'apparato radicale (Sances e Ingham, 1996). Va comunque sottolineato che non tutti i genotipi si adattano a questa tecnica colturale, per la limitata e tardiva capacità rizogena della pianta (Faedi *et al.*, 1996). Alcuni studi hanno indicato proprio nell'utilizzo delle piante “cime radicate” una

probabile alternativa all'impiego della fumigazione del terreno (Durner *et al.*, 2002); uno dei più grandi vantaggi delle piante fresche “cime radicate” rispetto alle frigoconservate, e che sono piante giovani, che in soli 20-25 giorni sono pronte per essere trapiantate in campo e quindi sono meno esposte ai patogeni del terreno, che invece possono colpire le piante frigoconservate già nei vivai di moltiplicazione. Alcuni studi condotti in California ed in Italia (Faedi *et al.*, 2000; Baruzzi *et al.*, 2008) hanno evidenziato un maggior livello produttivo delle “cime radicate” su terreno non fumigato ed in coltivazioni biologiche, rispetto alle piante frigoconservate (Faedi *et al.*, 2000).

#### **5.4 Impianto**

Il terreno destinato ad accogliere il fragoleto deve poter smaltire rapidamente le acque, sia di superficie che di profondità, per evitare fenomeni di asfissia radicale e lo sviluppo di diversi patogeni fungini. Prima dell’impianto il terreno è preparato con una aratura a 30 cm per interrare la sostanza organica, a base di vinaccia esausta da distilleria e letame in quantità complessiva di 100 t ha<sup>-1</sup>, e ripetute lavorazioni superficiali per coprire i concimi chimici e preparare un buon letto d’impianto. Successivamente si prosegue con la concimazione minerale, che di solito si effettua con Kg ha<sup>-1</sup>: 50 N; 150 di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 150 di K<sub>2</sub>O e 60 di zolfo. In presenza di suoli sub-alcalini, come quelli del marsalese provenienti dalla macinazione di rocce calcaree spugnose (sciare), vanno apportati circa 6 q/ha di zolfo pellettato, come correttivo e 0,4-0,6 q/ha di ferro sottoforma di chelato.

L’impianto della fragola è tradizionalmente effettuato su prode ben baulate, con una altezza al colmo variabile da 10 a 35 cm a seconda della tessitura del terreno. In quasi tutte le aree fragolicole i fragoleti sono costituiti con due file per prode, ad eccezione degli ambienti di montagna (es. cunese) dove è dominante la fila singola.

La pacciamatura della fragola è tradizionalmente effettuata con un film plastico scuro di polietilene, con fori posti ad una distanza variabile di 30-40 cm fra le due file e 20-40 cm sulla fila in funzione della vigoria della varietà, del tipo di pianta e di coltura. In alcuni aree (veronese, Piana del Sele) si ricorre alla pacciamatura totale del terreno, per avere un efficace controllo delle erbe infestanti e minori variazioni del regime idrico e termico del suolo a causa delle più ridotte perdite per irradiazione (Faedi e Baruzzi, 2002).

Negli ambienti di montagna non sono rari gli esempi di film di pacciamatura, sempre di polietilene, ma di colore bianco (verso l'esterno). I vantaggi sono da ricercare nel ritardo della maturazione dei frutti rispetto al film plastico completamente nero, aspetto di grande interesse per gli ambienti che finalizzano la loro produzione verso periodi più tardivi senza avere danni sui frutti da scottature solari (Faedi e Baruzzi, 2002).

Del tutto limitato, dopo il forte interesse iniziale, è risultato l'impiego di film plastici "riflettenti" che, impiegati in coltura protetta, avevano l'obiettivo di anticipare la maturazione dei frutti a seguito di un aumento della temperatura all'interno del tunnel. Il loro utilizzo non si è mai diffuso ampiamente per la fragilità del materiale plastico, soprattutto nel periodo invernale. I materiali utilizzati per la pacciamatura rappresentano un potenziale problema ambientale, a causa delle difficoltà legate allo smaltimento. Per rimediare a tale inconveniente sono stati posti in commercio materiali biodegradabili: film di agarosio (polisaccaride estratto da alghe marine) e film di poliesteroammide e altri film la cui composizione prevede l'impiego di sostanze biodegradabili come amidi ricavati da diverse colture (mais, altri cereali). Tali film, una volta interrati, si biodegradano nel suolo, risolvendo così sia lo smaltimento sia il lavoro di rimozione dal campo. Per questi nuovi materiali i costi di produzione sono ancora elevati, ma in caso di diffusione è lecito attendersi significative economie di scala tali da renderli competitivi con gli attuali materiali plastici di origine fossile.

### **5.6 Epoca d'impianto**

La migliore scelta dell'epoca d'impianto è importante per la buona riuscita del fragoletto, ed è molto variabile in funzione della tecnica colturale adottata (pieno campo, coltura protetta o fuori suolo), dell'ambiente pedo-climatico, della varietà (unifera, rifiorante o neutrodiurne) e della tipologia di pianta utilizzata (frigoconservate, piante fresche o con pane di terra "cime radicate"). In ragione di questo, il trapianto delle piantine può avvenire in diversi periodi dell'anno nei diversi areali di produzione italiani. Negli ambienti meridionali l'impianto inizia a metà agosto utilizzando piante frigoconservate e successiva copertura degli apprestamenti protettivi nei primi giorni di dicembre, per arrivare in autunno utilizzando piante fresche. In particolare l'impianto viene effettuato in ottobre per le piante fresche a radice nuda e settembre per le cime radicate.



Le piante fresche “cime radicate” con trapianto a fine settembre si stanno sempre più diffondendo tra i produttori fragolicoli siciliani, poiché anticipano ancor di più delle piante fresche a “radice nuda”, l’inizio della raccolta (D’Anna *et al.*, 2000; D’Anna, Moncada, 2003; D’Anna *et al.*, 2003; D’Anna *et al.*, 2004).

Per le tipologie di piante fresche, che presentano uno sviluppo vegetativo più contenuto di quelle frigo conservate (7 piante m<sup>2</sup>), si rende necessario aumentare le densità d’impianto a 9-10 piante m<sup>2</sup>, per raggiungere livelli di produzione quantitativamente accettabili.

Da precedenti ricerche è stato osservato che nel meridione un impianto precoce con materiale fresco (Faedi *et al.*, 1986; D’Anna 1993; D’Anna *et al.*, 2000) permette di ottenere produzioni elevate rispetto ad uno più tardivo (fine ottobre), mentre in questo ultimo caso, il peso medio dei frutti è risultato più elevato (D’Anna *et al.*, 2000; D’Anna *et al.*, 2004). Un anticipo del trapianto anche soltanto di 10 giorni si traduce, infatti, in considerevoli incrementi produttivi (+ 35%) ottenibili entro marzo, periodo produttivo molto interessante sotto il profilo economico (D’Anna *et al.*, 2000). I fragolicoltori siciliani tendono all’anticipo del trapianto proprio per puntare sulla precocità di maturazione e quindi per ottenere maggiori remunerazioni.

## **5.6 Irrigazione della coltura**

La determinazione dei giusti fabbisogni irrigui e una corretta scelta del sistema irriguo sono il presupposto per l’ottenimento di buoni risultati produttivi nei fragoleti.

La sensibilità della fragola a stress idrici è assai elevata durante tutto il ciclo colturale, in conseguenza della scarsa ampiezza dell’apparato radicale che limita l’assorbimento dell’acqua dal suolo. In ambiente protetto, inoltre, in cui non si hanno gli apporti di acqua piovana, il ricorso all’irrigazione è indispensabile. Diverse prove sperimentali hanno evidenziato gli incrementi produttivi dovuti all’irrigazione, sia per il maggior numero di frutti per pianta che del loro peso medio. La carenza di acqua si manifesta nella pianta con avvizzimenti fogliari e, nei casi più gravi, con la morte delle foglie vecchie e delle radichette e in ultimo, con produzioni ridotte e di cattiva qualità. L’irrigazione rappresenta quindi, una pratica fondamentale per raggiungere adeguati livelli produttivi; per tale ragione viene sistemato l’impianto irriguo (manichette forate)

al di sotto del film plastico pacciamante: occorrono modesti e frequenti volumi di acqua accompagnati anche da fertirrigazioni.

Il fabbisogno idrico della coltura varia in funzione della tecnica colturale adottata, della cultivar e delle condizioni pedoclimatiche, e nei nostri ambienti è di circa 7000-9000 mc/ha per impianti eseguiti in estate con piante frigoconservate, mentre scende a 4000-6000 mc/ha per impianti eseguiti in ottobre con piante fresche. I momenti di massimo consumo di acqua si hanno durante il trapianto, soprattutto estivo, durante il quale sono necessari 2-3 interventi settimanali per 20-30 giorni post-trapianto, durante l'emissione delle infiorescenze (gennaio-febbraio) e durante la fruttificazione.

Irrigazioni eccessive determinano, però, un netto peggioramento delle qualità organolettiche dei frutti (una riduzione del tenore zuccherino, un aumento dell'acidità). In genere, i produttori tendono ad apportare volumi irrigui troppo elevati, basati su turni troppo lunghi che non tengono conto, della superficialità dell'apparato radicale e dell'elevata portata degli impianti a manichetta forata, posta sotto la pacciamatura.

Attualmente il sistema più diffuso per l'irrigazione del fragoleto è quello di tipo localizzato con manichetta forata posta sotto il film di pacciamatura. Questa può essere "a camera singola" di elevate dimensioni (diametro 5 cm, portata 4 litri/ metro di manichetta /minuto), che non garantisce un'elevata uniformità di distribuzione oltre i 25-30 m di lunghezza delle file, e che per questo ormai non è utilizzata e i modelli a "doppia camera"(tipo "Ecodrip" o "T-tape"; diametro 2 cm, portata 10 l/m ora) che presentano una buona uniformità di distribuzione, anche con lunghezze fino a 100 m (Rossi Pisa e Tosi, 1988).

In qualche caso, è opportuno posare in opera due manichette una vicino a ciascuna fila di piante della bina. Queste soluzioni tecniche sono di particolare interesse nei terreni particolarmente argillosi e pesanti che tendono a fessurarsi con facilità qualora non si fornissero volumi di adacquamento elevati, sufficienti a bagnare completamente tutta la proda. L'eventuale formazione di crepe ha risvolti ovviamente negativi sull'integrità dell'apparato radicale delle piante.

Sono disponibili anche ali gocciolanti che, attualmente, costituiscono la soluzione tecnicamente più avanzata per uniformare ancor di più la distribuzione dell'acqua. Sono provviste di gocciolatori (portata 1-2 litri/h) autocompensanti distanziati tra loro 20-30 cm e possono essere riutilizzate per 4-5 cicli colturali (Faedi e Baruzzi, 2002).

### 5.7. Concimazione e fertirrigazione

Un piano razionale di fertilizzazione della coltura deve considerare la fertilità del suolo e conoscere l'ammontare degli elementi nutritivi asportati dalla pianta durante il ciclo colturale (esigenze nutrizionali) al fine di sincronizzare la somministrazione degli elementi nutritivi durante il ciclo colturale con le effettive richieste nutrizionali; inoltre appare un aspetto di fondamentale importanza la conoscenza del ciclo degli elementi nutritivi all'interno della pianta (Tagliavini *et al.*, 2009).

E' importante evidenziare che la fragola viene in genere coltivata secondo un ciclo annuale con tecniche che si differenziano nelle diverse aree di produzione italiane: negli ambienti settentrionali gli impianti sono realizzati nel periodo estivo con piante frigoconservate e sono finalizzati principalmente a produzioni nella primavera successiva; negli ambienti meridionali invece vengono messe a dimora principalmente piante fresche a "radice nuda" o "cime radicate" in grado di fornire un lungo flusso produttivo invernale e primaverile (dicembre-giugno). Le differenti tecniche di coltivazione influiscono notevolmente sulle esigenze nutrizionali e la conoscenza della dinamica dell'assorbimento dei nutrienti appare fondamentale per una sincronizzazione della disponibilità degli elementi nutritivi nel terreno con le esigenze specifiche della pianta. A tale riguardo, studi condotti in Italia ed in Francia su fragola hanno evidenziato come i livelli di assorbimento dei principali elementi siano influenzati dalla produttività (biomassa prodotta per ettaro) e dalla cultivar considerata. In particolare, in analoghe condizioni colturali, le asportazioni di N, P e K per tonnellata di fragole prodotte sono state su livelli piuttosto simili, malgrado la produttività decisamente più elevata riscontrata per la cv. Idea rispetto alla cv. Marmolada (Raynal-Lacroix *et al.*, 1999; Tagliavini *et al.*, 2000).

**Tabella 5.1** Biomassa totale, produzione di frutti e assorbimento totale di nutrienti per tonnellata di fragole prodotte da parte di varietà di fragola coltivate in Italia ed in Francia attraverso il ciclo colturale annuale (dati rielaborati da Tagliavini *et al.*, 2000 e da Raynal-Lacroix *et al.*, 1999)

**Tab.5.1**

	ITALIA		FRANCIA
	Idea	Marmolada	Elsanta
Biomassa (T SS ha <sup>-1</sup> )	9	7,5	6,5
Frutti(Tha <sup>1</sup> pe so fresco)	39,6	29,5	30,6
N (kg T <sup>-1</sup> di fragole)	2,4	2,4	3,7
P (kg T <sup>-1</sup> di fragole)	0,4	0,5	0,9
K (kg T <sup>-1</sup> di fragole)	3,3	3,2	5,2

La bibliografia riporta tuttavia in alcuni casi, di asportazioni molto variabili il che suggerisce come sia la fertilità del suolo, sia la tecnica colturale sia il genotipo, possano influenzare le asportazioni finali di nutrienti da parte della fragola.

L'influenza della somministrazione dell'elemento nutritivo sul livello delle asportazioni da parte della pianta è particolarmente evidente per l'azoto. Il fabbisogno nutrizionale deve invece essere definito sulla base delle quantità che la pianta deve assumere di un determinato elemento per l'ottenimento della migliore performance colturale possibile, sia dal punto di vista della qualità della produzione che del minor impatto ambientale della stessa (Tagliavini *et al.*, 2009).

Recenti studi condotti nel cesenate sulla dinamica delle asportazioni di nutrienti da parte della pianta di fragola hanno consentito di individuare le esigenze della coltura nelle diverse fasi del ciclo colturale (Tagliavini *et al.*, 2000 e 2001). La pianta effettua la maggior parte delle asportazioni, principalmente di azoto e potassio, dalla ripresa vegetativa primaverile fino alla raccolta.

La concimazione della fragola avviene per fertirrigazione, che aumenta l'efficacia di distribuzione del concime poichè viene più rapidamente assorbito dalle piante e permette una certa riduzione dei quantitativi di nutrienti apportati. La tecnica della fertirrigazione è sempre più gestita da sistemi in grado di controllare la conducibilità

(EC) della soluzione nutritiva che si distribuisce: valori di  $EC > 1,7$  sono sconsigliati per la coltura della fragola in quanto su molte varietà si riscontrano fenomeni di tossicità. Spesso le attrezzature utilizzate per la gestione della soluzione nutritiva nelle colture fuori suolo vengono impiegate anche per le colture in suolo, si ha la possibilità di apportare quindi una certa dose di fertilizzante ad ogni irrigazione e anche di acidificare (pH 5,5-6) l'acqua irrigua attraverso l'aggiunta di acido citrico o fosforico o nitrico. Per questi ultimi due acidi e in particolare per l'acido nitrico, è importante controllare bene gli apporti nel bilancio nutritivo della coltura al fine di evitare un eccessivo sviluppo vegetativo della pianta.

L'azoto viene distribuito per il 20% prima del trapianto, la restante parte si somministra tramite fertirrigazioni. Il fosforo e il potassio vanno somministrati per il 60% al momento dell'impianto insieme alla sostanza organica, la restante parte va data con due fertirrigazioni, come per l'azoto.

La fragola si avvantaggia di concime azotato sotto forma organica e di apporto di acidi umici alla dose di  $0,06-0,07 \text{ t ha}^{-1}$ , da somministrare soprattutto nel primo periodo vegetativo (ottobre, novembre e dicembre).

Complessivamente (in preimpianto e fertirrigazione) per una produzione di  $30-40 \text{ t ha}^{-1}$  vanno somministrati:  $\text{kg ha}^{-1}$  200-250 di N; 130-150 di  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 300-350 di  $\text{K}_2\text{O}$ .

In presenza di suoli sub alcalini vanno apportati  $800-1000 \text{ kg ha}^{-1}$  di zolfo polverulento come correttivo e  $40-60 \text{ kg ha}^{-1}$  di ferro sottoforma di chelato.

## **5.8 Protezione della coltura**

La coltura della fragola in ambiente protetto ha in Italia una notevole espansione, infatti, secondo il Centro servizi ortofrutticoli (CSO) nel 2013 sono stati coltivati a fragola circa 3700 ha, di cui 3000 ha in coltura protetta (ossia l' 83%) e solo il rimanente 17% in pieno campo. In Sicilia in totale sono 353 gli ettari dedicati a fragola, di cui 341 ha esclusivamente in coltura protetta. La protezione della coltura può essere effettuata per incrementare la precocità di maturazione dei frutti o per proteggere la coltura da eventuali danni da pioggia ed in questo caso la copertura viene effettuata dopo la fioritura. Per incrementare la precocità di maturazione dei frutti si è passati dal tradizionale film di polietilene (0,2 mm di spessore) al polietilene additivato o all'EVA che consentono un maggior effetto serra. Il tradizionale film di polietilene, più

economico dei film additivati, è ancora molto impiegato nelle protezioni non finalizzate ad anticipare la maturazione dei frutti.

La quota di impianti protetti varia in base all'areale di coltivazione. Negli ultimi anni si sta registrando in alcuni ambienti settentrionali, come quello cesenate e cuneese, la tendenza a proteggere i fragoleti dalla pioggia durante la maturazione, senza influenzare l'epoca di maturazione, come invece avviene per le protezioni tradizionali messe in opera molto più anticipatamente. I motivi di tale diffusione derivano proprio dai vantaggi offerti dall'ambiente protetto e cioè: possibilità di sottrarre la pianta da danni derivanti da intemperie, possibilità di ottenere una produzione fuori stagione o più semplicemente un sensibile anticipo di maturazione, ed infine maggiori rese conseguenti al miglioramento delle condizioni colturali. I sistemi di protezione utilizzati in Italia sono diversi e vanno dai tunnel piccoli e medi ai tunnel serra, ed infine alle serre vere e proprie. In Sicilia vengono usati in particolar modo tunnel medi singoli, con altezza al colmo di 2 m, larghezza di 4 m, e lunghezza non superiore ai 25- 30 m in grado di coprire 4 file binate; la struttura portante è costituita da archi in metallo, mentre come materiale di copertura è generalmente usato il film di E.V.A. (etilenvinilacetato) senza apertura laterale. In questi tunnel l'aumento di temperatura, che nelle ore di maggiore insolazione può raggiungere temperature di oltre 30 °C, può determinare elevate percentuali di frutti deformati, per cattiva impollinazione e stati di stress alle piante con conseguenti riduzioni della pezzatura dei frutti; inoltre nei nostri ambienti, già all'inizio della primavera, si raggiungono temperature troppo elevate che portano alla formazione di condensa, che gocciolando sulle piante, può danneggiarle quasi irreversibilmente.

Tale inconveniente si cerca di evitare forando la copertura all'inizio della primavera, oppure, ma meno comunemente, si possono usare degli innovativi film antigoccia che risolvono tale problema. Ultimamente si vanno diffondendo i tunnel multipli, anche questi con struttura portante in metallo e copertura in E.V.A., lunghi circa 30 m, con altezza in gronda 0,8-1 m ed altezza al colmo di 2,5 m, e con campate larghe 4,5-5 m (D'Anna, 1999). Questi consentono un notevole miglioramento dell'effetto serra, per il maggior volume interno e migliorano l'arieggiamento delle piante, grazie all'innalzamento del film plastico nei punti di congiungimento degli archi e all'agevole apertura delle testate del tunnel, tutto ciò si traduce in risultati quali-quantitativi migliori

(D'Anna, 1999). Negli ambienti meridionali, ed in Sicilia in particolare, la migliore epoca di copertura del fragoleto è la prima decade di Dicembre, per impianti effettuati in estate con piante frigo conservate, subito dopo si effettua una defogliazione delle piante in modo da togliere le foglie vecchie e malate e circa il 20% di quelle nuove; tale operazione, inducendo un moderato stress vegetativo, favorisce la sintesi degli ormoni florigeni ed accelera la fioritura; mentre per i trapianti autunnali con piante fresche il periodo migliore è la prima decade di Novembre; oppure dopo pochi giorni dall'impianto, al fine di ottenere una maggiore precocità di maturazione ed una produzione più elevata, rispetto alla copertura effettuata più tardivamente.

Nelle colture all'aperto gli agenti naturali (insetti, vento) assicurano l'impollinazione dei fiori, seppure numerose indagini mettono in rilievo l'utilità di disporre di arnie di api in mezzo ai fragoleti, con incrementi produttivi e qualitativi di notevole interesse. Nella coltura protetta, dove la fioritura si presenta nel mese di Gennaio-Febbraio, periodo in cui gli apprestamenti protettivi rimangono semichiusi per periodi molto lunghi a causa delle basse temperature, l'impiego di api o bombi dentro le serre è indispensabile, tanto da essere considerata pratica normale. Si può anche ricorrere al movimento dell'aria generata da atomizzatori, ogni due o tre giorni, per favorire la mobilità del polline.

## La coltivazione della fragola in biologico

---

### 6. Introduzione

Secondo i dati presentati da Cia (Confederazione Italiana Agricoltori) la crisi economica sta incidendo sui consumi di alimenti convenzionali (- 0,6% nel 2012 rispetto a quelli del 2011), ma quelli “bio” continuano la loro corsa col segno più (+12,1% tra gennaio e ottobre 2012 ). Il comparto dei cereali e derivati, il settore lattiero-caseario e l’ortofrutta fresca e trasformata sono i settori trainanti (Bertizzolo, 2012).

#### 6.1. La coltivazione in biologico

Il successo del prodotto biologico dipende dalla sua salubrità, dall’immagine di prodotto “pulito”, grazie all’assenza dei residui di prodotti chimici di sintesi utilizzati nell’agricoltura convenzionale. La fragola è il frutto primaverile per eccellenza, in quanto apre la nuova stagione e si presta molto ad “indossare” l’immagine di “frutto salutistico” anche per gli elevati contenuti in composti nutraceutici che possiede. Le fragole biologiche sono diventate un importante punto di attrazione da parte del consumatore e non è un caso che la produzione “organica” come viene definita nei (Paesi anglosassoni) sia diventata una realtà molto importante anche in importanti aree di produzione nel mondo, come la California in cui vengono attualmente coltivati circa 670 ha. L’agricoltura biologica intende garantire la produzione di derrate alimentari mediante l’utilizzo esclusivo di risorse ottenute all’interno dell’azienda agricola, riducendo al massimo gli input esterni, in particolare i concimi chimici, i prodotti antiparassitari e gli insetticidi.

La restrizione in materia di concimazioni e di utilizzazione dei prodotti fitosanitari garantisce, da un lato, l’offerta di prodotti agricoli sani e privi di residui di origine



chimica e, dall'altro, elimina i rischi di contaminazione e inquinamento dell'ambiente naturale, sia a livello di terreno che di falde freatiche (Agricoltura sostenibile mediterranea - Osservatorio Agroambientale, 1998).

Le aziende che in Italia sono specializzate a coltivare la fragola in maniera tradizionale sono a conduzione familiare, di ridotte dimensioni e spesso adottano la monocoltura, ossia investono l'intera superficie di cui dispongono alla coltivazione di un'unica specie.

La ripetizione della fragola sullo stesso terreno per più anni comporta però un aumento dei fattori biologici nocivi nel suolo: una selezione di parassiti animali e vegetali propri della specie coltivata, patogeni dell'apparato radicale ed erbe infestanti difficili da controllare, ma soprattutto un decremento della fertilità.

Questa condizione determina spesso l'impossibilità a predisporre ampie rotazioni che nel biologico rappresentano la soluzione per una sostenibilità della produzione. In questo contesto i problemi che maggiormente si riscontrano nella coltivazione biologica e che in agricoltura tradizionale vengono risolti con l'impiego della fumigazione chimica possono essere risolti con l'utilizzo di tecniche ecocompatibili quali la solarizzazione e/o l'utilizzo di piante biocida o di prodotti da esse derivati. Una pratica agronomica interessante che consente di apportare sostanza organica e di migliorare l'attività microbiologica del terreno è il **sovescio**. La scelta di specie (Brassicaceae o altre Crucifere) che producono molta massa verde e hanno un effetto biocida nei confronti di alcuni patogeni tellurici consente la cosiddetta "biofumigazione".

Il ripristino e il mantenimento della fertilità organica è una pratica fondamentale per la fragolicoltura biologica che, in quella tradizionale e frequentemente messa in secondo piano dalle concimazioni minerali e da lavorazioni sempre più spinte e profonde, fortemente depauperanti.

In agricoltura biologica si rivaluta la **sostanza organica** e le sue principali funzioni: fisica, chimico-nutrizionale, e biologica legata all'azione di contenimento svolta dai microrganismi antagonisti (funghi e batteri) nei confronti degli agenti patogeni.

Nella fragolicoltura biologica la **difesa fitosanitaria** si basa sull'impiego di preparati naturali e sulla lotta biologica (Regolamento CEE n. 834/2007 - 889/2008). Va comunque evidenziato che, rispetto ad altre colture, la difesa della fragola con metodi biologici non risulta, in genere, difficoltosa. L'impiego di prodotti a base di rame, zolfo,

preparati microbiologici, insetticidi di origine naturale e il **lancio di insetti e acari predatori** e soprattutto la protezione della coltura con tunnel, permette di controllare i principali patogeni fungini e fitofagi. Gli **spazi naturali** costituiscono un importante serbatoio di organismi utili e rappresentano una fonte di biodiversità essenziale al mantenimento della stabilità del sistema. Infatti la presenza in azienda di siepi, boschetti, filari alberati, fasce di terreno e fossi inerbiti favorisce la lotta naturale fornendo agli organismi utili cibo (polline, nettare o prede e ospiti alternativi), siti di rifugio, di svernamento o di moltiplicazione e corridoi di spostamento tra differenti aree naturali. Durante la stagione vegetativa gli antagonisti naturali si spostano continuamente tra le aree marginali e le zone coltivate fornendo estremo beneficio alle colture agrarie. Una corretta gestione degli spazi naturali è necessaria affinché questi possano esplicare appieno i propri effetti benefici. Nel terreno destinato allo sviluppo delle piante spontanee occorre quindi astenersi da qualsiasi intervento chimico, di lavorazione del suolo e di combustione (Tisselli *et al.*, 2002).

Per quanto concerne gli altri **aspetti di tecnica colturale** non esistono particolari differenze tra la fragolicoltura biologica e quella tradizionale integrata, se si eccettua la maggiore accuratezza con cui devono essere eseguite alcune operazioni colturali. In primo luogo vi è la preparazione del terreno, volta ad impedire il verificarsi di ristagni idrici, fondamentale per evitare l'insorgenza di fenomeni temporanei di asfissia radicale che rendono le piante molto più suscettibili ai patogeni tellurici e creano condizioni favorevoli allo sviluppo degli stessi.

Un'accurata gestione del suolo rappresenta un elemento fondamentale per il successo della coltivazione biologica della fragola. L'obiettivo è di mantenere il terreno ben strutturato evitando l'eccessivo compattamento del suolo e l'impoverimento in humus che determinerebbero la crescita stentata e poco ramificata delle radici con gravi ripercussioni sullo stato fitosanitario, lo sviluppo e la produzione della coltura.

**L'impianto** della fragola richiede il massimo dell'attenzione, in quanto influenza in maniera determinante lo sviluppo, lo stato fitosanitario e il risultato produttivo della coltura. Il trapianto deve essere effettuato impiegando piantine sane, certificate, oltre che robuste e con apparato radicale integro. La distanza e l'epoca d'impianto ottimali dipendono dal tipo di coltura (tunnel o pieno campo), dalla cultivar, dal tipo di pianta (pianta fresca "a radice nuda" e "cima radicata" o "frigoconservata") e dalla fertilità del

terreno. Le “cime radicate”, come già detto, grazie all’apparato radicale più giovane e protetto dal vasetto, risultano meno sensibili ai patogeni del terreno rispetto alle piante “frigoconservate” ma al tempo stesso, in terreni particolarmente tenaci, presentano maggiori difficoltà di affrancamento.

La **scelta varietale** rappresenta, anch'essa, un momento decisionale di estrema importanza al fine del buon esito tecnico-economico delle coltivazioni, in modo particolare nell’agricoltura a basso impatto. Nella scelta delle varietà di fragola per la coltivazione biologica, oltre alle potenzialità produttive, occorre porre particolare attenzione alle caratteristiche di rusticità e di tolleranza nei confronti dei patogeni del terreno, agenti del collasso delle piante, e dell’apparato aereo: oidio, alternaria, antracnosi, vaiolatura e batteriosi (Gengotti e Lucchi, 2000).

Un’operazione colturale di particolare importanza in biologico è **l’asportazione delle foglie senescenti** alla ripresa vegetativa per allontanare eventuali fonti d’infezione fungina o d’infestazione da afidi, acari o lepidotteri. L’impiego di metodi d’irrigazione localizzata ad ali gocciolanti o a manichetta, oltre a consentire un notevole risparmio di acqua, permette anche di regolare con precisione gli apporti idrici alla coltura evitando di creare condizioni di eccessiva umidità del terreno e dell’apparato fogliare, favorevoli allo sviluppo di batteri e funghi patogeni. Tra le avversità che possono destare le maggiori preoccupazioni nella coltivazione biologica della fragola sono da citare i funghi patogeni del terreno, la muffa grigia, il ragnetto rosso e gli afidi. (vedi tab.1 e 2).

Tab.6.1. Elenco delle sostanze attive con uso consentito in agricoltura biologica

Gruppo di appartenenza	Sostanza attiva	Intervallo di sicurezza (gg)	Fitofago
SPINOSOIDI	Spinosad <sup>(1)</sup>	3	tripidi, lepidotteri
A BASE DI MICRORGANISMI	<i>Bacillus thuringiensis</i> sub. <i>aizawai</i>	-	nottue
	<i>Bacillus thuringiensis</i> sub. <i>kurstaki</i>	3	nottue
	<i>Beauveria</i>	-	acari, tripidi, aleirodi

	<i>bassiana</i>		
	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	-	nematodi
DERIVATI VEGETALI	Azadiractina	3	afidi, tripidi, nottue
	Piretrine	2	afidi
	Rotenone <sup>(2)</sup>	3	afidi, tripidi, cimici
DERIVATI DELLO ZOLFO	Zolfo	5	acari, tripidi, afidi
ORTOFOSFATI	Fosfato ferrico	-	limacce

<sup>(1)</sup>escluso su fragolina di bosco;

<sup>(2)</sup> non utilizzabile in serra

Tab.6.2 Nemici naturali utilizzati contro i principali fitofagi della fragola nella lotta biologica

Avversità	Antagonista	Dose d'impiego
<b>Acari Tetranichidi</b>	<i>*Phytoseiulus persimilis</i>	10-15 predatori/m <sup>2</sup>
	<i>Amblyseius spp.</i>	25-80 predatori/m <sup>2</sup>
	<i>Stethorus punctillum</i>	1-2 predatori m <sup>2</sup>
	<i>Feltiella acarisuga</i>	0,25 pupe/m <sup>2</sup>
<b>Acaro pallido del ciclamino</b>	<i>Amblyseius californicus</i>	1-2 predatori/m <sup>2</sup>
	<i>Orius laevigatus</i>	1-3 predatori/m <sup>2</sup>
<b>Tripidi</b>	<i>*Orius laevigatus</i>	1-3 predatori/m <sup>2</sup>
	<i>Amblyseius spp.</i>	25-50 predatori/m <sup>2</sup>
	<i>Crisoperla carnea</i>	20-30 larve/m <sup>2</sup>

<b>Afidi</b>	<i>*Crisoperla carnea</i>	20-30 larve/m <sup>2</sup>
	<i>Adalia bipunctata</i>	20-30 larve/m <sup>2</sup>
	<i>Harmonia axyridis</i>	20-30 larve/m <sup>2</sup>
	<i>Aphidius ervi</i>	0,15-0,5 individui/m <sup>2</sup>
	<i>Aphidius colemani</i>	0,5-1 individui/m <sup>2</sup>
	<i>Aphelinus abdominalis</i>	0,5-2 individui/m <sup>2</sup>
	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	0,1-2 pupe/m <sup>2</sup>
<b>Oziorrinco</b>	<i>Heterorabditis megidis</i>	500.000/m <sup>2</sup>
	<i>*Heterorabditis bacteriophora</i>	500.000/m <sup>2</sup>
	<i>*Steinernema kraussei</i>	500.000/m <sup>2</sup>
<b>Limacce</b>	<i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	300.000/m <sup>2</sup>

\* ausiliari attualmente più utilizzati.

Da indagini condotte nell'areale cesenate (D'Antuono *et al.*, 2004; Magnani *et al.*, 2007) è stata osservata un'influenza positiva della tecnica di coltivazione biologica su i contenuti in sostanze nutraceutiche dei frutti. Ciò si pensa dipenda dal fatto che le piante coltivate in biologico subiscano maggiore stress rispetto alla coltivazione convenzionale o integrata, evidenziato dalla significativa riduzione della pezzatura del frutto (-22%) e del calo produttivo (-30%) (Magnani *et al.*, 2007), che stimola la produzione di queste sostanze. Sono comunque necessari ulteriori studi per verificare il ruolo dello stato di stress delle piante sull'espressione delle caratteristiche qualitative e nutraceutiche dei frutti biologici.

Per raggiungere determinati standard qualitativi come la pezzatura e il colore dei frutti, parametri che spesso sul mercato “fanno la differenza” si può affermare che alla base del successo economico della fragola biologica (3€/kg) c'è comunque il mantenimento di un livello minimo di questi parametri qualitativi.

Malgrado ciò di fronte alla crescente domanda di prodotto biologico, in Italia si sta assistendo ad un ridimensionamento degli impianti destinati alla coltivazione di fragole “bio”. I motivi vanno ricercati nella modesta redditività della coltura, che non sempre garantisce pienamente la remunerazione dei rischi e gli investimenti molto elevati che il produttore sostiene. Inoltre la difficoltà di reperimento di manodopera specializzata e la

mancanza di cultivar che ben si adattano alla coltivazione senza l'uso di fumiganti, in appezzamenti dove non c'è la possibilità di praticare ampie rotazioni. Valutazioni in corso di alcune selezioni "bio" in Sicilia appaiono molto interessanti grazie all'elevata rusticità delle piante.

## Principali avversità e difesa dalle malattie e dai parassiti animali

---

### 7. Introduzione

Questo capitolo tratta le principali avversità che riguardano la fragola e la difesa dai parassiti animali. Le malattie crittogamiche che possono insediare la coltura della fragola, più frequenti e dannose sono:

#### 7.1. Deperimento progressivo

Le piante deperite evidenziano la presenza di un insieme di miceti a livello dell'apparato radicale, della corona, degli steli e del colletto: *Rhizoctonia fragariae*, *Rhizoctonia sp.*, *verticillium dahliae*, *Verticillium albo-atrum*, *Phytophthora cactorum*, *Pythium Sp*, oltre a *Fusarium sp.*, *Ramularia sp.*, *Cylindrocaron sp.* La pratica del ristoppio e la realizzazione di nuovi impianti con materiale di propagazione prelevato dai campi infetti hanno determinato la comparsa dei primi fenomeni di deperimento delle piante, soprattutto nel secondo o nel terzo anno di coltivazione. In seguito all'introduzione della tecnica della pacciamatura delle prode con film plastico, nonché della forzatura delle colture in tunnel con coperture in polietilene o in PVC, il fenomeno del deperimento progressivo è aumentato fino a raggiungere livelli elevati sin dal primo anno di coltivazione, soprattutto nei periodi con alte temperature del terreno. L'utilizzo di materiale vivaistico sottoposto a frigoconservazione dopo l'estirpo invernale, messo a dimora da inizio estate, ha migliorato la situazione solo per un breve periodo. Le piante affette da deperimento progressivo manifestano arrossamento dei bordi fogliari, avvizzimenti e disseccamenti della vegetazione iniziando dalle foglie esterne fino, nei casi gravi, al completo avvizzimento. Ove le infezioni sono precoci si osserva uno

scarso sviluppo delle piante. L'esame dettagliato evidenzia necrosi progressive di radici, colletto e steli. La produzione risulta scarsa e scadente, con frutti acerbi, privi colore e turgore. I sintomi generali del deperimento si accentuano all'aumentare delle temperature, specie nelle giornate ventose.

### **7.2 Collasso o imbrunimento radicale (*Rhizoctonia fragariae*)**

L'agente di quest'alterazione, già indicato fra i responsabili del deperimento progressivo, è un microrganismo fungino in grado di moltiplicarsi e diffondersi grazie alle proprie strutture miceliali. I terreni mantenuti umidi, con temperature anche superiori ai 25-30 °C, tipici delle coltivazioni pacciamate o forzate, oltre alla presenza di "inneschi" al suolo o sulle piantine, facilitano le infezioni di post-impianto. Il caldo primaverile completa lo sviluppo del micete che evidenzia nettamente sulle piante i deperimenti in fase di pieno raccolto o a fine ciclo. Le piante colpite da collasso presentano generalmente scarso sviluppo, poche foglie, infiorescenze poco sviluppate e con estese necrosi alla base. L'apparato radicale appare ridotto e quasi totalmente imbrunito. I frutti prodotti sono di pezzatura accettabile solo nelle prime raccolte.

### **7.3 Avvizzimento della fragola o verticilliosi (*Verticillium dahliae* e *V. albo-atrum*)**

La malattia, come nel precedente caso, può presentarsi con maggiore virulenza negli impianti più vecchi o dove questi sono realizzati con materiale di moltiplicazione ottenuto senza gli adeguati requisiti sanitari. Essa è causata da funghi deuteromiceti quali *Verticillium albo-atrum* e *V. dahliae*, che possono permanere vitali a lungo nel terreno, anche in profondità, e infettare numerose specie erbacee, arbustive e arboree. Le contaminazioni alle radici, dovute ai conidi trasportati da acqua o animali, possono avvenire attraverso ferite prodotte dalle operazioni di trapianto, da insetti ecc. All'interno dei vasi legnosi il patogeno, favorito da temperature sui 25 °C, si diffonde con le correnti linfatiche provocando interferenze ormoniche e metaboliche e infettando anche le piante figlie. I primi sintomi di sofferenza possono notarsi da fine estate-inizio autunno. In primavera, con l'aumento della temperatura e le elevate necessità metaboliche, i deperimenti assumono notevole rilevanza. Le foglie esterne della corona delle piante colpite da verticilliosi presentano imbrunimento marginale, mentre i piccioli evidenziano piccole striature necrotiche, depresse, localizzate alla base. Su impianti con frutti pendenti, nei periodi caratterizzati da elevate temperature, si assiste all'afflosciarsi graduale di tutto l'apparato fogliare, a eccezione, in molti casi, della rosetta centrale,



dalla quale emergono foglie piccole e clorotiche. A fine produzione, o con temperature miti, molte piante stentate si riprendono. In vivaio le piante madri infette deperiscono contornate dalle figlie a loro volta in gran parte infette. In sezione longitudinale, il rizoma e le radici grosse mostrano un evidente imbrunimento della zona legnosa.

**La lotta e la prevenzione** contro gli agenti della verticilliosi si basano sulle lunghe rotazioni con colture non suscettibili, su apporti di sostanza organica, sull'impiego di materiale di propagazione sano, prodotto con le migliori tecniche vivaistiche e sull'impiego di varietà tolleranti. Poiché il micete sviluppa all'interno del fittone, è difficile devitalizzarlo anche impiegando i migliori fumiganti. Tale pratica deve pertanto essere integrata dalla distruzione del materiale vegetale infetto, assieme agli abbondanti e costanti apporti di sostanza organica che favoriscono la decomposizione dei residui colturali.

#### **7.4 Necrosi del colletto e del rizoma (*Phytophthora cactorum*)**

L'alterazione, favorita da temperature di 15-22 °C e da alta umidità relativa, interessa il colletto o l'intero rizoma. Le infezioni possono presentarsi in post-impianto (estate-autunno) e in primavera. In coltivazione forzata avvizzimenti precoci compaiono fin dall'inizio della fioritura. Questa malattia si evidenzia spesso su piantine che sono state sottoposte a frigoconservazione o che hanno sofferto, in campo, danni da gelate. Per questo si ritiene che i succhi liberi, dovuti alle microlesioni, agevolino l'infezione della malattia. Le piante colpite, all'estirpo manuale, tendono a spezzarsi mostrando, un imbrunimento rosso scuro dei tessuti. Le porzioni di piante lesionate da gelo spesso presentano tessuti poco sviluppati, con netti restringimenti. In corrispondenza di questi possono presentarsi i tipici imbrunimenti qualora vi sia stata l'infezione. Le piantine colpite da *P. cactorum* iniziano a manifestare avvizzimenti altalenanti in funzione dei periodi più o meno caldi della giornata. Già in autunno, nei giovani impianti, possono evidenziarsi necrosi al colletto. In piena fioritura e durante l'ingrossamento dei frutti, le piante avvizziscono rapidamente. Sezionando il fittone i tessuti appaiono imbruniti totalmente o solo nella zona della corona, o al restringimento, o alla base, oppure in corrispondenza dei residui dello stolone. Per la **prevenzione** della malattia sono fondamentali l'impiego di piante sane e la realizzazione di efficienti reti di sgrondo delle acque piovane. Inoltre è necessario allontanare e distruggere i residui delle pulizie, le sfogliature autunnali o primaverili, per eliminare fonti d'inoculo di questa o di altre

fitopatie. La **difesa chimica**, oltre che sull'azione preventiva dei preparati rameici, verte soprattutto sull'impiego di prodotti dotati di sistemina basipeta o acropeta applicati per immersione delle piantine prima della loro messa a dimora o al terreno in pre- o in post-impianto e alla ripresa vegetativa. Permangono fondamentali le produzioni vivaistiche con piante madri sane, in terreni privi di problematiche. La realizzazione di reti di sgrondo, tali da impedire quei ristagni con i quali si possono infettare grandi quantità di piante, è importantissima. Inoltre è necessario allontanare e distruggere la risulta delle pulizie autunnali e primaverili, per eliminare fonti di inoculo anche per altre fitopatie. Nelle produzioni di cime radicate, o per l'ingrossamento di piantine in vasetto, oltre all'utilizzo di materiale di sicura origine e sanità, è necessario impiegare terricci sufficientemente sciolti per evitare ristagni.

Altre malattie dell'apparato radicale, del colletto e della corona sono: il Midollo rosso o cuore rosso (*Phytophthora fragariae*) il Marciume della corona (*Botrytis cinerea*), il Marciume asciutto della corona o carbone-Rot (*Macrophomina phaseolina*).

**7.5 Marciume bruno del colletto e dei frutti:** (*Phytophthora cactorum*). E' un'avversità che compare specie negli ambienti in pien'aria, soggetti ad abbondanti irrigazioni per aspersione e soprattutto in anni con forti precipitazioni. L'agente infettante si perpetua come oospora durevole nei residui della vegetazione di numerose specie, anche arboree e frutticole. Le condizioni ideali per l'infezione sono temperature comprese tra 18 e 23 °C e umidità relativa prossima alla saturazione. La malattia si presenta a due livelli: nel colletto e nei frutti. Nei tessuti spugnosi, all'interno del rizoma, si produce una colorazione rosso bruna a cui si accompagna l'appassimento prima temporaneo, poi permanente, delle foglie più giovani, a cui segue la morte della pianta. Sui frutti immaturi le manifestazioni consistono nell'indurimento dei tessuti, che assumono una colorazione bruno-cuoio e si ricoprono di muffa biancastra. Le alterazioni del colletto possono essere contenute facendo rotazioni lunghe, curando il risanamento idrico del terreno, usando per l'impianto materiale controllato e varietà poco suscettibili. L'attacco sui frutti va controllato con trattamenti durante la fase di fruttificazione.

#### **7.6 Antracnosi (*Colletotrichum acutatum*, *C. fragariae*)**

Rappresenta una grave fitopatia da quarantena che si è diffusa in tutti gli areali fragolicoli negli anni più recenti. La fonte d'inoculo è rappresentata dai residui vegetali infetti dell'annata precedente, o dalle stesse piantine di fragola provenienti da ambienti

contaminati. Si ritiene che nel terreno il fungo, sebbene resistente alle basse temperature, non sopravviva da un anno all'altro. Le condizioni favorevoli alle infezioni sono costituite da temperature comprese fra 20 e 28 °C e con bagnatura di circa 8 ore. La prevenzione della malattia è basata su: adozione di ampie rotazioni; esecuzione d'irrigazioni sotto pacciamatura; asportazione e distruzione dei fiori e dei frutti colpiti in campo. Fondamentale l'impiego di materiale di propagazione sano (compresi i "semi" che, ove siano impiegati per particolari produzioni di materiale vivaistico, debbono essere prelevati solo da bacche incontaminate) e, pertanto, l'attuazione nei vivai di scrupolose tecniche agronomiche e fitoiatriche, volte a limitare la diffusione della malattia, moltiplicando materiale sano in ambienti isolati. A fine ciclo è bene interrare subito i fragoletti per evitare che, con le piogge, sui frutti rimasti possano svilupparsi infezioni potenzialmente in grado di contaminare i nuovi impianti limitrofi. I sintomi dell'antracnosi compaiono in fase vegetativa su foglie, frutti, steli, stoloni, piccioli fogliari, peduncoli fiorali, corona e colletto. Su stoloni, piccioli e peduncoli si evidenziano lesioni scure, depresse ed ellittiche, crescenti, che possono confluire determinando strozzature e blocchi di crescita. Sui frutti si osservano tacche prima oleose e successivamente depresse, lucenti e di colore marrone. Con l'evoluzione, sui centri infetti compare un'efflorescenza mucillaginosa (arancio-marrone) costituita dalle fruttificazioni acervulari del patogeno. I frutti colpiti tendono a mummificare e in corrispondenza delle porzioni infette gli acheni divengono nerastri. Nei casi più gravi le infezioni possono estendersi ai tessuti del colletto provocando, alterazioni con imbrunimenti seguiti da seri deperimenti delle piante.

#### **7.7. Muffa grigia dei frutti (*Botrytis cinerea*)**

Potenzialmente è la più grave malattia della fragola coltivata in pien'aria, mentre nelle coltivazioni in serra o in tunnel le infezioni, con opportune accortezze, sono limitate. Piogge persistenti o lunghi periodi di bagnatura e temperature comprese fra 5 e 35 °C rappresentano i maggiori fattori di rischio per questo patogeno ubiquitario. Gli impianti fitti o con piante eccessivamente vigorose, con ristagni di umidità, sono facilmente soggetti a infezioni. Le irrigazioni per aspersione sono sconsigliate e, dove non è possibile adottare altre soluzioni, è opportuno eseguirle al mattino per limitare le ore di bagnatura. In coltivazione forzata, o con altre coperture, le infezioni sono limitate qualora gli ambienti siano ventilati e asciugati fin dalle prime ore del mattino. La

prevenzione è legata alle equilibrate concimazioni azotate e alla pacciamatura su discreta baulatura, nonché all'asportazione delle foglie deperite nel momento della ripresa vegetativa. Le infezioni botritiche interessano peduncoli fogliari, steli, fiori, calici, foglie e frutti. I sintomi sui frutti si evidenziano sotto forma di macchie bruno-chiare traslucide sulle quali compaiono feltri grigi contenenti gli organi di diffusione della malattia. I fiori colpiti divengono scuri, poi presentano la tipica muffa grigia e rinsecchiscono. Infezioni ad antere e pistilli, poco evidenti a occhio nudo, determinando la perdita di elementi fecondati, possono indurre alla formazione di bacche gravemente deformate.

#### **7.8. Vaiolatura (*Mycosphaerella fragariae*, *Ramularia tulasnei*)**

L'infezione, che necessita di alcune settimane d'incubazione, avviene con temperature da 18 a 25 °C e alta umidità relativa. La vaiolatura causa sulle foglie la comparsa di macchie rotondeggianti o ovoidali (di 2-4 mm), di colore rosso scuro, ben evidenti nella pagina superiore. Con l'evoluzione, al centro le aree infette divengono grigio chiaro o biancastre, mantenendo il tipico alone rossastro. Con infezioni estese e confluenti, il fogliame è soggetto a deperimenti con arrossamenti o imbrunimenti. Nei casi gravi, a fine estate o in autunno, ove non si intervenga adeguatamente, l'evoluzione delle infezioni porta al deperimento parziale della vegetazione più vecchia.

#### **7.9 Oidio (*Sphaerotheca macularis*, *Oidium fragariae*)**

È una malattia molto diffusa, riscontrabile sulla superficie di tutti gli organi epigei. Le fragole in coltivazioni protette sono maggiormente soggette all'oidio rispetto a quelle di pieno campo. L'effetto dilavante delle precipitazioni e delle irrigazioni per aspersione, assieme all'elevato turgore cellulare, contrasta le infezioni del patogeno. Queste sono favorite da somministrazioni azotate fuori tempo o esagerate, che stimolano l'emissione di nuova vegetazione priva di protezione. La germinazione ottimale dei conidi, responsabili delle infezioni, può avvenire con temperature fra i 15 e i 25 °C, mentre è ridottissima a 5 e 35 °C. I conidi rimangono vitali per un breve periodo e, per germinare, necessitano, a 25 °C, di 5-6 ore con umidità relativa elevata. La successiva colonizzazione avviene in uno o due giorni dalla germinazione. Le foglie colpite da oidio presentano la tipica muffa biancastra e la pagina fogliare lievemente accartocciata verso l'alto. Sulle

varietà poco sensibili il micelio si nota pochissimo mentre, come reazione all'infezione, i tessuti fogliari possono presentare un particolare arrossamento. Sui fiori il micelio può ricoprire l'intera superficie determinando anche deformazioni. I frutti sviluppati, e prossimi alla raccolta, possono presentare opacizzazioni del colore, perdita della brillantezza, e giungere ai mercati con aspetto spento.

Altre malattie dell'apparato epigeo sono: muffa nera, marciume acquoso (*Aspergillus niger*), la maculatura bruna (*Diplocarpon earliana*, *Marssonina fragariae*), la maculatura zonata (*Gnomonia comari*, *Zythia fragariae*).

**Tra i parassiti animali che attaccano la fragola, quelli più frequenti sono:**

## **8 Fitofagi**

### **8.1. Larva defogliatrice**

*Eulia* (*Argyrotaenia pulchellana*): È un tortricide diffuso in molte aree dall'Europa, all'Asia Minore, all'America settentrionale, dove vive su ornamentali, orticole, erbacee, frutticole e fragola. L'insetto misura 12-17 mm ad ali aperte e la larva, verde o giallastra a seconda del tipo d'alimentazione, raggiunge i 15-18 mm. Le ali anteriori sono grigio argenteo. L'eulia svolge 3 generazioni l'anno e sverna come crisalide a terra o in altri ricoveri. In Italia settentrionale gli adulti compaiono da fine marzo-inizio aprile con sfarfallamenti che si protraggono per circa un mese. A una settimana dall'accoppiamento le femmine depongono 25-50 uova sulle foglie. Queste, discoidali, sono disposte in ovature embricate di colore giallastro. Le larve nascono dopo 2-4 settimane d'incubazione per localizzarsi nella pagina inferiore delle foglie e nutrirsi in superficie su queste o sui frutti, coperte da fili sericei. Gli adulti della seconda e terza generazione compaiono da metà giugno ai primi d'agosto e dalla prima decade d'agosto alla seconda di settembre. Le larve di quest'ultima generazione si nutrono fino ai primi freddi per incrisalidarsi e superare l'inverno. Le infestazioni vicine al suolo sono spesso parassitizzate da *Colpoclypeus florus*, imenottero calcidoideo.

### **8.2. Nottuidi**

#### **8.2.1 Nottua mediterranea (*Spodoptera littoralis*)**

Specie nota per la regione mediterranea, l'area medio-orientale e parte del continente africano, polifaga e polivoltina. In opportune condizioni ambientali la nottua si riproduce tutto l'anno, completa un ciclo in circa un mese e svolge, in ambiente protetto, fino a 7 generazioni. La maggiore presenza di adulti si osserva nei mesi

autunnali quando alle popolazioni locali si aggiungono quelle migranti provenienti dai territori africani. La specie sverna fondamentalmente come crisalide nel terreno e gli adulti sfarfallano a fine inverno, si accoppiano e iniziano a ovideporre dopo 1-3 giorni. La femmina depone sulla pagina inferiore delle foglie e sui piccioli centinaia, talora migliaia, di uova organizzate in ovature di qualche decina di elementi rivestiti di squame piliformi. Dopo qualche giorno d'incubazione, sgusciano le larve che inizialmente vivono gregarie sulla pagina inferiore delle foglie dove producono leggeri ricami sull'epidermide e in seguito passano alla fase solitaria durante la quale sono attive di notte, riparandosi durante il giorno nel terreno o in ricoveri di varia natura, tipicamente sotto la pacciamatura. Gli stadi larvali maturi sono particolarmente voraci ed erodono lembi fogliari, fiori e frutti nelle varie fasi di sviluppo.

**9 Afidi :** (*Sitobion fragariae*, *Chaetosiphon fragariae*). Questi insetti, oltre al danno diretto che producono formando colonie sulle foglie e sui germogli, sono vettori di numerosi virus della fragola. Gli afidi, se non controllati in maniera adeguata, infestano gli organi vegetativi e i frutti che ricoperti di melata, risultano inadatti alla commercializzazione. Alla comparsa delle infestazioni bisogna intervenire con prodotti specifici; in ambiente protetto è auspicabile la lotta biologica con il lancio di un insetto predatore (*Crisopa*).

**10 Oziorrinco :** (*Otiorrhynchus spp.*). Gli adulti di questi Curculionidi, nei mesi estivi, si alimentano nottetempo provocando erosioni a mezza luna sul margine delle foglie, e quindi , in settembre, depongono le uova vicino al colletto delle piante. Le larve che ne nascono infestano rizoma e radici, provocandovi profonde erosioni che portano le piante al deperimento. Il controllo si basa su trattamenti estivi contro gli adulti.

## **11 Acari**

### **11.1 Ragnetto rosso (*Tetranychus urticae*)**

Infesta un elevato numero di piante, sia coltivate sia spontanee, con una particolare predisposizione per le piante erbacee e ortive di cui attacca tutte le parti aeree. Nella fragola la colonizzazione inizia di solito dalla pagina inferiore delle foglie, mentre sulla pagina superiore si vedono piccole punteggiature decolorate, più o meno raggruppate, che col progredire dell'infestazione confluiscono tra loro e fanno assumere alla foglia un colore verde sbiadito, con tonalità variabili dal giallognolo al giallo ocre con

sfumature bronzee, mentre i margini del lembo fogliare tendono a disseccare. In seguito i ragnetti colonizzano anche la pagina superiore delle foglie e ricoprono le piante infestate di un'abbondante e finissima tela sericea che al suo interno ospita i vari stadi dell'acaro; per nutrirsi perforano le cellule svuotandole del contenuto e provocandone la morte. Viene così alterata la normale attività fisiologica delle piante con ripercussioni negative sull'attività fotosintetica e, di conseguenza, sulla loro produttività. La presenza del parassita può avere effetto anche sulla salute del personale che opera a contatto con le piante infestate in quanto l'acaro è in grado di provocare irritazioni e allergie.

### **11.2 Tarsonemide della fragola (*Phytonemus pallidus*)**

E' diffuso in ambienti a coltivazione intensiva al Sud, mentre al Nord è stato riscontrato specialmente nel materiale vivaistico. I siti di svernamento sono le foglie morte, le gemme e la base dei piccioli. Dal momento della ripresa vegetativa, una volta presenti nel fragoletto, i tarsonemidi possono trasferirsi da pianta a pianta lungo le file oppure essere trasportati da api, o altri insetti, da uccelli, o dagli operatori durante le pratiche colturali. Sulla fragola i sintomi variano in funzione dell'epoca di attacco, dello stato vegetativo e della suscettibilità della varietà. Sulle foglie parzialmente sviluppate i tessuti colpiti arrestano la crescita, mentre quelli indenni, continuando a crescere, provocano distorsioni e increspature. Le foglie infestate rimangono piccole, rugose o increspate, e tendono a scolorire e ispessire, divenendo fragili. Anche picciolo e peduncoli risultano poco sviluppati, mentre i fiori possono subire deformazioni e aborti. I frutti attaccati tardivamente divengono rugginosi. In generale, le piante colpite nell'autunno precedente il raccolto sono stentate, cespugliose, nanizzate e fruttificano in ritardo. Le strategie di controllo devono essere indirizzate verso l'uso di piante certificate, libere dall'acaro, e basilari sono i controlli sulla vegetazione per evitare diagnosi tardive e danni irreparabili. I focolai debbono essere distrutti prima che si diffondano.

## **12 Tripidi**

### **12.1 Tripide americano (*Frankliniella occidentalis*)**

Tisanottero di origine nordamericana, fino agli anni '60 la sua presenza era limitata al Nord America da cui, probabilmente a causa dei trasporti internazionali di materiale vegetale, ne è cominciata la diffusione in ogni parte del mondo. Svolge diverse

generazioni l'anno; a 18 e 25 °C il ciclo si completa rispettivamente in 27 e 12 giorni, con una soglia minima di sviluppo attorno ai 12 °C. I danni che provoca sono notevoli, tanto da farlo considerare come il fitofago chiave in molte aree fragolicole italiane. Il danno di neanidi e adulti consiste nelle punture sui giovani tessuti dei vari organi epigei (apici vegetativi, foglie, bottoni fiorali, fiori e frutti), con inoculo di saliva tossica e svuotamento dei contenuti cellulari. Ciò porta alla comparsa sulle foglie di aree depigmentate di colore argenteo, che ingialliscono e giungono allo stadio conclusivo di necrosi. In questo caso il problema è dovuto alla riduzione della superficie fotosintetizzante dei tessuti verdi. Sintomi tipici sugli organi riproduttivi sono distorsioni dei margini dei petali, depigmentazioni dei lembi e necrosi di varia forma, con ripercussioni negative sull'allegagione e sullo sviluppo dei frutti, che non presentano deformazioni ma imbrunimenti dell'epicarpo e acheni anneriti. Sulla fragola si possono trovare anche altre specie di tripidi come *Thrips fuscipennis*, *T. tabaci*, *Frankliniella intonsa*, le cui popolazioni sono legate prevalentemente agli ospiti erbacei dei prati, dai quali migrano verso la rosacea allorché questi divengono inospitali. I danni non sono dissimili da quelli provocati dal tripide americano.

### **Difesa dai parassiti animali**

#### **Afidi**

Possono essere applicate varie strategie di difesa, differenti in funzione del tipo di coltivazione attuata (pieno campo o coltura protetta), dello stadio di sviluppo della coltura, della specie e della quantità di afidi e della presenza di antagonisti naturali. Gli afidi vengono attivamente controllati da numerosi insetti utili quali coccinellidi, sirfidi, crisopidi e imenotteri, particolarmente presenti in aziende ricche di spazi naturali e aree non coltivate (strisce di terreno inerbite, siepi, filari alberati, aree boschive ecc.) che fungono da rifugio e alimentazione a numerosi predatori e parassitoidi. Risulta pertanto fondamentale favorirne l'attività antagonistica preservando e incrementando gli spazi naturali. Inoltre è importante limitare o evitare trattamenti non strettamente necessari sulla coltura e su quelle limitrofe. Il controllo dell'afide verde (*Chaetosiphon fragaefolii*) in coltura protetta può essere ottenuto facendo ricorso alla lotta biologica diretta effettuando lanci di crisopa (*Chrysoperla carnea*). In caso di infestazione precoce si consiglia tuttavia di eseguire un trattamento con un insetticida a basso impatto ambientale per ridurre il livello della popolazione del fitofago prima



dell'impiego dell'insetto utile. Gli attacchi di *Macrosiphum euphorbiae* e *Aphis gossypii*, contro i quali la lotta biologica ha un'efficacia limitata, devono invece essere controllati, se necessario, con uno specifico intervento insetticida il cui impiego, però, deve essere limitato solo ai casi di reale necessità (infestazioni precoci degli afidi, assenza o scarsa presenza di insetti utili) e, comunque, mai dopo l'inizio della fioritura.

In pieno campo è spesso possibile evitare di fare ricorso a interventi chimici soprattutto se ci si trova in un'azienda sufficientemente ricca di spazi naturali e, conseguentemente, di insetti utili. Le infestazioni di afidi possono comparire in campo già nella fase di post-impianto. Si consiglia di eseguire un trattamento con le sostanze attive ammesse dai disciplinari di produzione integrata (fosfororganici e piretroidi) solo in caso di presenza generalizzata. Alla ripresa vegetativa primaverile le popolazioni di afidi sulla coltura possono essere abbondanti, soprattutto in seguito a un inverno mite, e un'accurata pulizia delle piante, attraverso la rimozione del fogliame vecchio, consente un notevole contenimento delle eventuali infestazioni degli afidi che vi hanno trovato rifugio durante l'inverno. Le popolazioni che si sviluppano in primavera sono spesso limitate e contenute al di sotto della soglia di danno dall'attività di numerosi insetti utili spontaneamente presenti in campo. Solo in situazioni di elevate infestazioni e assenza di organismi utili è opportuno agire, prima dell'inizio della fioritura, con gli insetticidi ammessi. In casi eccezionali, è possibile intervenire a fine fioritura, e prima dell'inizio della raccolta, con sostanze attive di origine naturale, caratterizzate da breve intervallo di sicurezza e da basso impatto ambientale come le piretrine, anche se in ogni caso è bene ricordare che qualsiasi intervento effettuato con insetticidi ad ampio spettro d'azione, di sintesi o di origine naturale, è dannoso nei confronti degli organismi utili.

### **Ragnetto rosso**

La prima strategia di difesa della fragola dal ragnetto rosso consiste nel favorire un equilibrato sviluppo della coltura mediante l'adozione di corrette pratiche agronomiche. La lotta biologica, attraverso il lancio dell'acaro fitoseide *Phytoseiulus persimilis*, rappresenta un mezzo d'intervento di provata efficacia nella lotta al ragnetto rosso, soprattutto in coltura protetta. Per garantire una buona efficacia del controllo biologico sul parassita in serra è però essenziale mantenere l'umidità dell'aria sufficientemente elevata, anche effettuando, se necessario, specifiche nebulizzazioni. Così come per gli afidi, anche nel caso degli acari, ambienti colturali ricchi di biodiversità garantiscono un

controllo naturale dei fitofagi, soprattutto in pieno campo. Per favorire l'attività predatoria dei fitoseidi immessi sulla coltura, o naturalmente presenti su di essa, occorre assolutamente evitare di eseguire interventi con prodotti agrochimici ad ampio spettro d'azione (per esempio piretroidi e zolfo) a ridosso dei lanci. L'impiego di acaricidi specifici andrebbe pertanto riservato solo a situazioni di assenza, o scarsa presenza, di antagonisti naturali sulla coltura. Solo in caso di infestazione generalizzata può risultare necessaria l'esecuzione di un trattamento con un acaricida ovo-larvicida o adulticida. Spesso questi prodotti sono impiegati in miscela.

### **Tripidi.**

Tripidi adulti, composti prevalentemente da femmine, provengono spesso dalla flora spontanea esterna al fragoletto, nel quale sono attratti soprattutto dai fiori il cui polline costituisce un alimento particolarmente ambito dalla specie. I danni possono riguardare pertanto sia i fiori sia i frutti, con aborto dei primi e rugginosità dei secondi. Le cultivar a ciclo estivo e quelle rifioventi sono maggiormente soggette al danno da tripidi, in quanto le elevate temperature e la prolungata disponibilità di fiori favoriscono le infestazioni del fitofago. Un'adeguata profilassi contro i tripidi trova nel monitoraggio degli individui, attuabile a mezzo di trappole cromotropiche di colore blu-azzurro disposte nei fragoleti (sia di pieno campo sia in coltura protetta) o attraverso controlli a vista dei fiori, un buon punto di partenza. Alcune auspicabili pratiche preventive consistono nel favorire la presenza di predatori naturali (*Orius laevigatus*) mantenendo strisce o zone con maggesi fioriti limitrofe ai fragoleti ed evitando di sfalciarli in corrispondenza della fioritura della coltura. La **lotta chimica** ai tripidi costituisce un'opzione ampiamente seguita ma non priva di complicazioni. L'impiego di piretroidi rappresenta tuttora uno strumento di riferimento in questa profilassi, tuttavia la scarsa persistenza di questi prodotti, unitamente al basso profilo di selettività sull'entomofauna utile, ne impone un impiego tale da non coprire interamente il periodo di massima infestazione della coltura (fioritura). In questo contesto l'avvento delle spinosine, sostanze attive efficaci, persistenti e meno impattanti sui pronubi, ha fornito un contributo importante alla difesa contro questi insetti. La particolare resistenza di *Frankliniella occidentalis* a numerosi insetticidi e il conseguente massiccio ricorso alla lotta chimica hanno aggravato spesso il quadro della difesa, aprendo un interessante spazio a metodi alternativi di contenimento di questa specie, come quello basato

sull'impiego di antagonisti naturali. Gli insetti che hanno dato in questo senso il maggiore contributo sono quelli appartenenti al genere *Orius* e in particolare la specie *O. laevigatus*. L'elevata resistenza alle alte temperature e la scarsa sensibilità al fotoperiodo di questo attivo predatore lo hanno reso particolarmente adatto per l'inserimento nelle strategie di lotta ai tripidi sia al Nord sia al Sud, con lanci inoculativi particolarmente efficaci in coltura protetta. Precocità, frequenza e dimensione dei lanci di *O. laevigatus* vanno valutate in funzione delle diverse situazioni colturali.

### **Nottuidi**

Anche negli areali meno adatti come quelli settentrionali alcune specie di nottuidi come *Spodoptera littoralis* stanno divenendo fitofagi temibili, grazie soprattutto alle favorevoli condizioni pedoclimatiche e alla predisponente polifagia di questi insetti. Una corretta profilassi deve partire da un attento monitoraggio della presenza di nottue nei fragoleti, sia attraverso l'impiego di trappole a feromoni sia tramite controlli a vista della vegetazione, sulla quale sono facilmente evidenti sia le ovature dell'insetto sia le rosure prodotte dalle forme larvali. In coltura protetta la lotta può procedere anche attraverso l'approntamento di reti antinsetto, ma normalmente è alla difesa chimica che vengono affidate le maggiori aspettative di successo. In presenza di stadi larvali di prima e seconda età si può intervenire efficacemente con formulati a base di *Bacillus thuringiensis* (sub. *aizawai* o *kurstaki*) le cui tossine risultano particolarmente attive su larve neonate. Esse vivono normalmente in forma gregaria nella pagina inferiore dei lembi fogliari, pertanto sia il volume di bagnatura sia il turno di esecuzione degli interventi (4-5 giorni) deve essere adeguato in relazione alla modesta persistenza di questi insetticidi. La presenza di larve mature, più mobili, voraci e resistenti, riduce il margine di efficacia del *Bacillus thuringiensis* e ciò implica la necessità di adottare anche insetticidi che agiscano per contatto come i fosfororganici e dotati di maggiore persistenza come le spinosine. La possibilità di disporre del feromone di alcune specie di nottuidi ha consentito inoltre di integrare la difesa chimica riducendo significativamente la popolazione di adulti o la loro possibilità di accoppiamento, rispettivamente attraverso forme di cattura massale (tramite trappole) e di confusione sessuale.

## **Difesa dalle malattie**

### **Collasso delle piante o deperimento progressivo**

Per il contenimento dei patogeni responsabili del fenomeno del collasso (*Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Verticillium* spp.) è anzitutto necessario adottare pratiche agronomiche preventive: ampie rotazioni con graminacee e leguminose, utilizzo di varietà tolleranti e mantenimento di un buon livello di sostanza organica nel terreno. A questo scopo si può associare all'interramento di piante ad attività biocida appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae* la copertura con film plastico (polietilene additivato, trasparente e con spessore di 0,05 mm, tenuto in campo per 45-55 giorni) che può fornire, in sinergia con il sovescio, un buon effetto di solarizzazione. Prima della messa a dimora della coltura, oltre a *metam sodio* e *metam potassio*, i disciplinari di produzione integrata autorizzano l'impiego del fumigante *cloropicrina*, ma solo se distribuito da ditte specializzate, in pieno campo e ad anni alterni. Dopo il trapianto, in caso di fallanze o mancato attecchimento di piantine di fragola, imputabili a *Phytophthora cactorum*, si può intervenire con diversi fungicidi sistemici attivi nei confronti delle fitoftoracee.

### **Marciume dei frutti**

Le malattie che causano il marciume dei frutti sono frequenti soprattutto sulle colture di pieno campo, in caso di abbondanti precipitazioni durante il periodo di fioritura e raccolta. In aggiunta ad alcuni patogeni ben noti, come l'agente della muffa grigia (*Botrytis cinerea*), per i quali sono disponibili ampie conoscenze circa le migliori strategie di difesa da adottare, nel recente passato sono comparse in maniera diffusa altre malattie fungine come l'antracnosi e la gnomonia, causate rispettivamente da *Colletotrichum acutatum* e *Gnomonia comari*. L'acuirsi di tali problematiche sembra imputabile, tra l'altro, alla spiccata suscettibilità di alcune varietà di fragola recentemente introdotte.

### **Botrite**

Non essendo attualmente disponibili varietà di fragola con frutti resistenti a *Botrytis cinerea*, risulta importante gestire in maniera agronomicamente corretta la coltivazione, adottando densità d'impianto non eccessivamente elevate, fertilizzazioni e irrigazioni equilibrate e, per quanto riguarda le colture protette, un accurato arieggiamento delle serre. Attualmente, il miglior metodo per ottenere una buona difesa nei confronti del

marciume dei frutti è la protezione della coltura con strutture quali i tunnel romagnoli o i tunnel multipli tipo veronese. In coltura protetta queste misure di carattere preventivo sono spesso in grado di assicurare un'adeguata protezione dei frutti. Al contrario, in pieno campo gli accorgimenti di tipo agronomico, seppure utili, possono non risultare sufficienti a causa delle precipitazioni, rendendo pertanto indispensabile il ricorso preventivo a fungicidi antibotritici per proteggere gli organi suscettibili, principalmente fiori e frutti. La disponibilità di efficaci antibotritici appartenenti a diverse famiglie chimiche (anilinopirimidine, fenilpirroli, idrossianilidi) permette di alternare principi attivi dotati di differente meccanismo d'azione contribuendo a prevenire lo sviluppo di ceppi patogeni resistenti. In considerazione dell'attività esclusivamente preventiva dei fungicidi attualmente disponibili, è ormai consolidata la strategia di trattare la coltura nel periodo della fioritura, prima che si verifichino le condizioni favorevoli all'infezione. Una metodologia d'intervento di provata efficacia in pieno campo è basata sull'esecuzione di due trattamenti preventivi di cui il primo a inizio fioritura (20-30% di fiori aperti) e il secondo in piena fioritura, nel rispetto del tempo di carenza del fungicida impiegato. Grazie a previsioni meteorologiche sempre più puntuali e affidabili, è possibile posticipare il primo intervento fino a farlo coincidere con il secondo; in tal modo, in annate particolarmente asciutte, si riesce a ottenere un'ottima protezione della coltura anche con un solo trattamento antibotritico.

Al contrario, in caso di condizioni climatiche favorevoli al patogeno, può risultare necessario effettuare tre interventi fungicidi. Per quanto riguarda il posizionamento dell'ultimo trattamento, la migliore protezione dei frutti è ottenibile intervenendo almeno una settimana prima dell'inizio della raccolta. Trattamenti più tardivi o, addirittura, effettuati tra una raccolta e l'altra non consentono un particolare miglioramento del grado di protezione dei frutti. La spiegazione può risiedere nel fatto che le infezioni latenti, che rappresentano una delle principali cause dei danni ai frutti durante la raccolta, si insediano già durante la fioritura nei sepali e nei petali senescenti e, solo nel caso si verifichino condizioni ambientali favorevoli al patogeno durante il periodo della maturazione dei frutti, possono svilupparsi e provocare il marciume.

### **Antracnosi**

Le varietà di fragola più diffuse e commercialmente più apprezzate sono spesso anche le più suscettibili al patogeno. Pertanto, in situazioni di rischio su colture di pieno campo,

il ricorso alla lotta chimica con recenti fungicidi attivi nei confronti sia della botrite sia dell'antracnosi rappresenta un metodo di difesa al momento insostituibile. Per quanto riguarda le strategie di applicazione dei fungicidi, anche per l'antracnosi la massima efficacia dei trattamenti si ottiene eseguendo i trattamenti durante il periodo fiorale e, in particolare, verso la fine del periodo di fioritura, in prossimità dell'inizio della raccolta, per proteggere i frutti in fase di maturazione e conservazione.

### **Oidio**

La protezione della vegetazione dalle infezioni oidiche deve iniziare nella fase di post-impianto proseguendo con turni di 7-14 giorni in relazione alla sensibilità varietale e alla presenza della malattia. Dopo la sospensione dei trattamenti nel periodo invernale, a partire dalla ripresa vegetativa, interventi a cadenza settimanale sulle cultivar sensibili coltivate in ambiente protetto assicurano un'adeguata protezione della vegetazione e dei frutti. In pieno campo e in presenza di cultivar meno suscettibili gli interventi possono essere effettuati con turni più ampi. Diverse sono le sostanze attive, oltre allo zolfo, che esplicano un buon contenimento della malattia.

### **Vaiolatura e maculatura bruna**

Per queste due malattie le misure di tipo preventivo, quali l'impiego di varietà tolleranti, di materiale di propagazione sano e l'irrigazione localizzata, incidono significativamente sulla gravità delle manifestazioni. Un'attenta asportazione della vecchia vegetazione prima della ripresa vegetativa della coltura, riducendo l'inoculo, contribuisce a mantenere contenuta la presenza della malattia in primavera. Solitamente non si realizza una difesa specifica in quanto i trattamenti con rameici, che vengono eseguiti per avversità più pericolose quali la batteriosi della fragola, esplicano un discreto contenimento anche verso queste malattie. Nei casi in cui si evidenzino attacchi tali da determinare importanti riduzioni della superficie fogliare si possono impiegare fungicidi più specifici.

### **Alternariosi**

Gli attacchi si verificano generalmente a fine estate/inizio autunno e le infezioni possono assumere un carattere epidemico con gravi danni soprattutto nei vivai. La difesa chimica non consente di contenere in modo soddisfacente le infezioni di *Alternaria* spp. La soluzione ottimale è l'utilizzo di varietà non sensibili al patogeno (fonte: La fragola. Collana Coltura e Cultura, Bayer CropScience)

Tab. 5. - Elenco delle sostanze attive autorizzate su fragola

<b>Gruppo di appartenenza</b>	<b>Sostanza attiva</b>	<b>Intervallo di sicurezza (gg)</b>	<b>Fitofagi controllati</b>
PIRETROIDI	Acrinatrina	7	tripidi, afidi, nottue
	Bifentrin	14	ampio spettro
	Deltametrina	3	ampio spettro
	Fluvalinate	7	ampio spettro
	Lambda-cialotrina <sup>(1)</sup>	7	ampio spettro
CARBAMMATI	Metiocarb	21	Insetti terricoli, limacce
	Pirimicarb	14	afidi
TETRAZINE	Clofentezine	15	acari (uova)
FOSFORGANICI	Clorpirifos-metile	15	tripidi, afidi, nottue
FENOSSIBENZIL-ETERI	Etofenprox	7	afidi, tripidi
THIAZOLIDINONI	Exitiazox	7	acari (uova)
CHINAZOLINE	Fenazaquin	3	acari (adulti e ninfe)
FENOSIPIRAZOLI	Fenpiroxima	14	acari (adulti e ninfe)
NEONICOTINIDI	Imidacloprid	30	afidi
DERIVATI DELL'UREA	Lufenuron	7	tripidi
ALDEIDI	Metaldeide	20	limacce
PIRAZOLI-CARBOSSAMIDI	Tebufenpirad	14	acari (adulti e ninfe)
PRODOTTI DI FERMENTAZIONE NATURALE	Abamectina	7	acari, tripidi
	Milbemectina	3	acari

(1) non utilizzabile in serra.

## La qualità delle fragole in rapporto alle aspettative dei consumatori

---

### 8. Introduzione

Il livello di qualità raggiunto dai frutti di fragola al momento del consumo è fortemente influenzato dal genotipo, dalla tecnica colturale adottata in campo, come pure dalla individuazione dell'epoca ottimale di raccolta e dalla gestione dei frutti nel post-raccolta.

#### 8.1. La qualità in rapporto alle aspettative dei consumatori

L'aspetto e le caratteristiche nutrizionali e organolettiche delle fragole sono molto considerati dal consumatore, che preferisce frutti attraenti ed uniformi, con una carica sensoriale ben definita e ricca, corredata da un buon apporto di elementi nutritivi (Testoni e Lovati, 2004).

La fragola appunto per il suo aspetto attraente, il gusto e l'aroma è uno dei frutti preferiti dal consumatore. Oggi, per il consumatore il concetto di qualità (Testoni e Lovati, 1998) coinvolge fattori derivanti da stimoli visivi, olfattivi e tattili, da stimoli organolettici (sapore) o da aspettative salutistiche (reali o virtuali) che implicano una salubrità peculiare (produzioni bio) o da contenuti di sostanze nutraceutiche.

Grazie alle numerose campagne mediche che mirano a formare consumatori critici ed esigenti nelle scelte d'acquisto, oggi è in progressivo aumento il livello di informazione sugli specifici composti “salutari” presenti in frutta e verdura. Numerosi studi scientifici confermano che la fragola contiene **molecole bioattive con potere antiossidante**, come acido ascorbico e composti polifenolici come l'acido ellagico, l'acido p-cumarico, l'acido p-idrossibenzoico, l'acido ferulico ed alcuni flavonoidi (antocianine, catechine,



quercetine ecc.). Tali composti non hanno potere nutritivo ma esercitano effetti protettivi sul corpo umano, neutralizzando la formazione e/o la proliferazione dei radicali liberi, riducendo il rischio di patologie cardiovascolari.

L'**aspetto dei frutti** è un elemento comune di valutazione qualitativa di tutti i soggetti della filiera ed alcune componenti come il colore, il peso, la freschezza sono parametri oggettivi considerati ormai da più di un decennio nei vari lavori eseguiti sulle valutazioni qualitative delle fragole (Lovati *et al.*, 2000; Arcuti *et al.*, 2001; Nuzzi *et al.*, 2002; Avitabile Leva *et al.*, 2003). Sono sempre apprezzate le tonalità dei frutti di colore rosso brillante con elevata stabilità e costanza del colore nell'arco della commercializzazione acui sono associati i parametri colorimetrici qualitativi scaturiti dalla sperimentazione ed utilizzati come indici di riferimento:  $L^* > 37$ ,  $a^* > 32$  e  $b^* > 24$ . Per quanto riguarda la **forma e le dimensioni** dei frutti si preferiscono le varietà di forma conica, regolare, leggermente allungata e con pezzatura medio-grossa dei frutti (25-30 g). Inoltre, il consumatore attribuisce notevole importanza alla uniformità di pezzatura dei frutti nelle confezioni, che devono essere rigorosamente trasparenti con il contenuto ben visibile.

Anche la **freschezza**, valutabile attraverso il mantenimento di un calice verde e turgido, presenta buoni standard, sia per le innovazioni tecnologiche (filmatura che crea una buona umidità), sia per le tecniche di trasporto e di vendita in ambiente refrigerato. D'altra parte, anche nella fase di validazione delle nuove selezioni, ci si preoccupa di valutare la freschezza del calice dopo un periodo standard che simula la commercializzazione, e di suggerire le accessioni più idonee. Il **residuo secco rifrattometrico e l'acidità** delle fragole sono due indici facilmente determinabili e costantemente monitorati dalla ricerca nella valutazione delle nuove accessioni, poichè il loro rapporto influenza il sapore del frutto, che rimane l'elemento di giudizio più tangibile del consumatore. L'apprezzamento non è univoco, essendo legato alle diverse abitudini di consumo ed alle influenze alimentari delle differenti aree geografiche, ma un equilibrato rapporto acidi/zuccheri rende più graditi i frutti a fasce molto ampie di consumatori. Le fragole, in virtù del loro **aroma** e del **sapore**, sono i frutti più richiesti dall'industria della trasformazione. L'aroma dei frutti è determinato per la maggior parte dalla presenza di sostanze volatili, che raggiungono le cellule olfattive attraverso due vie: dalle narici durante l'inspirazione e dalle vie di comunicazione tra la bocca e il

naso durante la masticazione del prodotto. L'aroma delle fragole è costituito da numerosi composti compresi nelle categorie chimiche di esteri, aldeidi, alcoli, funari e composti solforati. Il furanone conferisce il tipico odore di caramello se presente ad alte concentrazioni e di fruttato-fragola se presente a concentrazioni molto basse. Gli esteri etilici e metilici di acetato impartiscono all'aroma della fragola la nota odorosa dolce-fruttato. Il linalolo (conferisce l'odore di bergamotto) ed altri composti solforati apportano un contributo significativo all'aroma delle fragole.

Anche la **consistenza** rappresenta un parametro qualitativo di fondamentale importanza, poichè frutti di consistenza elevata (600-800 g) permettono una miglior maneggevolezza del prodotto in fase sia di raccolta che di commercializzazione e come conseguenza pratica una minor percentuale di frutti ammaccati e/o marci. Ma tenendo conto che la consistenza è negativamente correlata con la percezione di succosità e quindi all'immediatezza del sapore, ci si chiede come reagirà il consumatore in termini di accettabilità di fronte a valori di consistenza di 1000 g presentato da alcune recenti cultivar (Testoni e Lovati, 2008).

Per quel che concerne la **salubrità**, essa può essere definita secondo due aspetti principali: l'uno riferito all'agrotecnica, in cui le produzioni biologiche con assenza di residui chimici di sintesi stanno assumendo sempre più interesse, l'altro legato alle caratteristiche intrinseche delle fragole, ove assume crescente significato la presenza di composti ad effetto nutraceutico (Sansavini, 2003) come l'acido ascorbico, l'acido ellagico, i flavonoidi, ecc., che sono inizialmente recepite dalla parte più edotta e dinamica dei consumatori. Le attese dei consumatori verso alimenti sani e genuini, contenenti sostanze volte ad accrescere il benessere fisico e con valenza farmaceutico-terapeutica, sono notevolmente cresciute anche sulla spinta dei "media" che estrapolano ed enfatizzano risultati di studi clinico-dietologici su singoli composti (Sansavini, 2003).

## **8.2 I fattori che influenzano la qualità dei frutti**

L'espressione delle caratteristiche qualitative e nutrizionali delle fragole è notoriamente sotto controllo del genotipo ed infatti l'attività di breeding ha permesso miglioramenti delle caratteristiche qualitative dei frutti, tuttavia la qualità è la risultante di numerosi fattori, (non solo genetici) che interagiscono tra loro. Pertanto l'espressione di alcune

caratteristiche qualitative è in funzione sia del fattore genetico, ma anche di quello climatico-ambientale ed agronomico.

In Italia, l'incremento della pezzatura del frutto, così come quello della consistenza della polpa, la dolcezza e l'aroma dei frutti e il contenuto dei composti bioattivi (polifenoli, acido ascorbico) sono i principali caratteri ricercati nella selezione del nuovo materiale genetico.

Tuttavia la variabilità di tutti questi caratteri è molto elevata, poichè esiste una forte interazione genotipo x ambiente che rende difficile la valutazione dell'effetto genetico sull'espressione del carattere osservato.

Il breeding pubblico italiano ha perseguito fin dall'inizio della propria attività l'obiettivo di aumentare la pezzatura del frutto, quale fattore necessario per ridurre i costi di raccolta. La pezzatura del frutto varia nello stesso genotipo in funzione della posizione che esso occupa sull'infiorescenza (i frutti più grossi sono quelli ottenuti dal fiore primario) ed è correlata positivamente con il numero di acheni (Janick e Eggert, 1968; Hortiński, 1991). In genere, la dimensione del frutto è inversamente proporzionale al numero dei frutti prodotti dalla pianta, nonostante casi di genotipi "outliner" caratterizzati da frutti grossi ed elevata carica produttiva (Hancock e Bringhurst, 1988). Il contenuto di solidi solubili totali (SST) e l'acidità titolabile hanno un controllo genetico, più forte per l'ultimo carattere rispetto al primo; quest'ultimo è maggiormente dipendente dalle condizioni ambientali (Shaw, 1990).

La consistenza del frutto è un carattere geneticamente indipendente dal contenuto di solidi solubili totali (Yashiro *et al.*, 2002) e dalla dimensione del frutto (Hansche *et al.*, 1968).

Per quanto riguarda l'aspetto nutrizionale, studi condotti su semenzali ottenuti da combinazioni di incrocio fra genotipi caratterizzati da diversi contenuti di polifenoli totali (PFT), contenuto in acido ascorbico (AA) e capacità antiossidante (CAT), hanno messo in evidenza, che predisponendo di appositi incroci fra parentali con frutti di elevate caratteristiche nutrizionali, se ne può incrementare il quantitativo contenuto nei frutti (Battino *et al.*, 2004; Capocasa *et al.*, 2008).

In particolare, si è visto che utilizzando genotipi di *Fragaria virginiana glauca* nella selezione di incrocio si aumenta la CAT dei frutti di fragola (Mezzetti *et al.*, 2005).

La luce, la temperatura, l'acqua, che regolano l'attività fotosintetica della pianta, sono variabili che influenzano notevolmente la qualità dei frutti (Beverly *et al.*, 1993).

Il genotipo fornisce risultati produttivi e qualitativi diversi, in funzione delle condizioni climatiche che si verificano durante il ciclo colturale, influenzando notevolmente le caratteristiche qualitative delle fragole: la dolcezza, espressa in solidi solubili totali(°Brix), si riduce quando, in prossimità della raccolta, si verificano basse temperature e nuvolosità (Kader, 1988; Morris e Sistrunk, 1991; Nelson *et al.*, 1972), condizioni che inducono anche ad un innalzamento dell'acidità titolabile (Kidmose *et al.*, 1996); valori elevati di temperatura diurna/notturna, attorno ai 30/22°C, nel periodo successivo alla fioritura fino alla raccolta, determinano scarsi contenuti di solidi solubili e di acidità dei frutti, mentre valori di temperatura  $\leq$  a 25°C, ma con escursione termica fra giorno e notte pari a 7÷8°C, favoriscono l'incremento degli stessi parametri (Wang e Camp, 2000).

La consistenza della polpa del frutto tende a diminuire nei casi di precipitazioni piovose concomitanti al periodo di raccolta, ma aumenta quando si hanno basse temperature e scarsa luminosità (Kader, 1988.); l'aroma si esalta se, nel periodo della maturazione, ci sono notti fresche e giornate molto soleggiate (Morris e Sistrunk, 1991).

Anche il profilo nutrizionale risente delle condizioni climatiche durante il periodo della raccolta: il contenuto in acido ascorbico è più alto nei frutti raccolti in giorni soleggiate e con temperature non molto elevate (18÷25°C); i polifenoli totali e la capacità antiossidante invece, aumentano con l'innalzarsi delle temperature minime notturne (Wang e Camp, 2000; Wang e Zheng, 2001; Davik *et al.*, 2006).

Studi condotti su numerose cultivar in coltura di pieno campo a confronto con quella protetta (in suolo e fuori suolo), hanno mostrato come il sistema colturale influisca sulla qualità del frutto (D'Antuono *et al.*, 2000; Recamales *et al.*, 2007; Voća *et al.*, 2006). In particolare, nell'area cesenate, si è evidenziato come la coltura protetta comporti un anticipo di maturazione dei frutti, che si presentano più grossi rispetto a quelli in coltura di pieno campo ed in fuori suolo, ma con più scarse caratteristiche qualitative del frutto (minor dolcezza, acidità, consistenza e anche con un più basso contenuto in acido ascorbico). Per contro, i frutti prodotti in coltura protetta hanno mostrato un colore più brillante rispetto a quelli del pieno campo e simile a quelli del fuori suolo. Altri studi, condotti in Croazia, hanno confermato risultati simili solo per la pezzatura e la

consistenza del frutto, ma non per le caratteristiche colorimetriche, la dolcezza (SST) e il contenuto in acido ascorbico (Voća *et al.*, 2006).

I sistemi di produzione a basso impatto ambientale, come le tecniche di coltivazione integrate o biologiche, destano un notevole interesse presso i consumatori per la maggiore “salubrità” intesa come limitati o nulli contenuti in residui di antiparassitari. Limitate sono le informazioni sugli effetti di questi sistemi di coltivazione sulla qualità dei frutti. Esperienze condotte in Finlandia e Spagna (Cayuela *etal.*, 1997; Hakala *et al.*, 2003) non hanno evidenziato differenze significative tra alcuni caratteri dei frutti raccolti in coltura biologica ed integrata. Invece uno studio preliminare condotto nel ceseate su 7 cultivar di fragole coltivate in biologico e integrato ha invece evidenziato differenze significative per alcuni parametri (D’Antuono *et al.*, 2005).

Nel sistema biologico si sono prodotti frutti caratterizzati da minore consistenza della polpa, colore più intenso, minore contenuto zuccherino, maggiore acidità e, talvolta con più alti contenuti di polifenoli. E’ stata riscontrata una significativa interazione tra sistema di produzione e varietà, che indica come la qualità dei frutti in regime biologico possa essere ottimizzata con l’uso di cultivar specifiche. Per quanto riguarda la tipologia di pianta utilizzata, studi condotti in Sicilia (D’Anna *et al.*, 2006 e 2007) hanno evidenziato come la pianta fresca (“a radice nuda” e “cima radicata”), fornisca un prodotto qualitativamente migliore, soprattutto in termini di residuo secco rifrattometrico e consistenza della polpa del frutto, rispetto a quello della pianta frigoconservata.

## Calendario dell'offerta della produzione

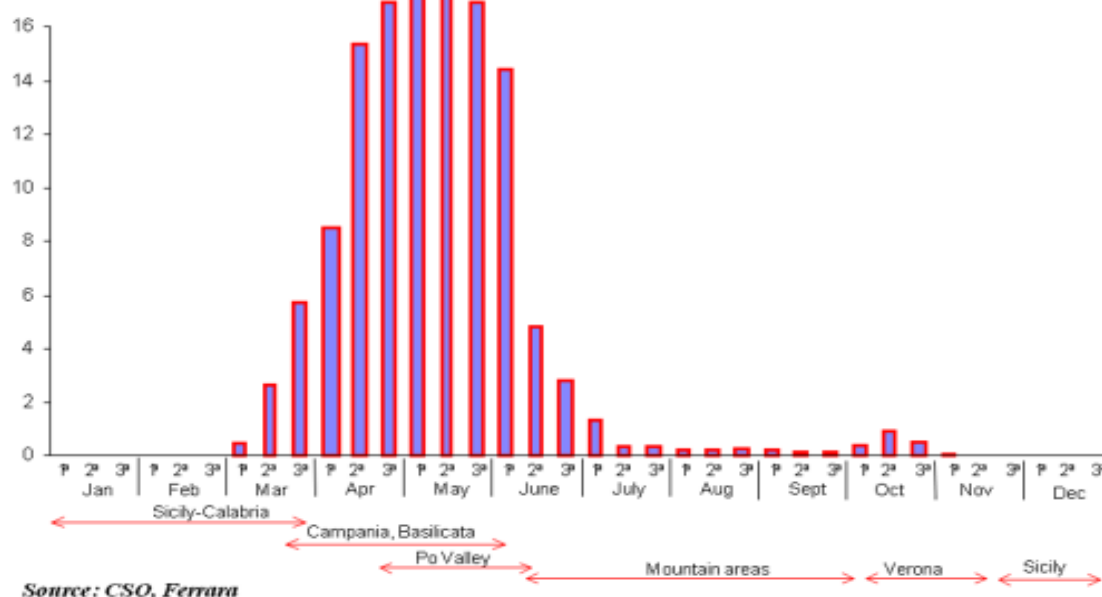
### 9. Introduzione

L'evoluzione delle superfici e i cambiamenti della tecnica colturale, hanno determinato un significativo cambiamento del flusso di produzione a livello nazionale.

#### 9.1 Offerta della produzione

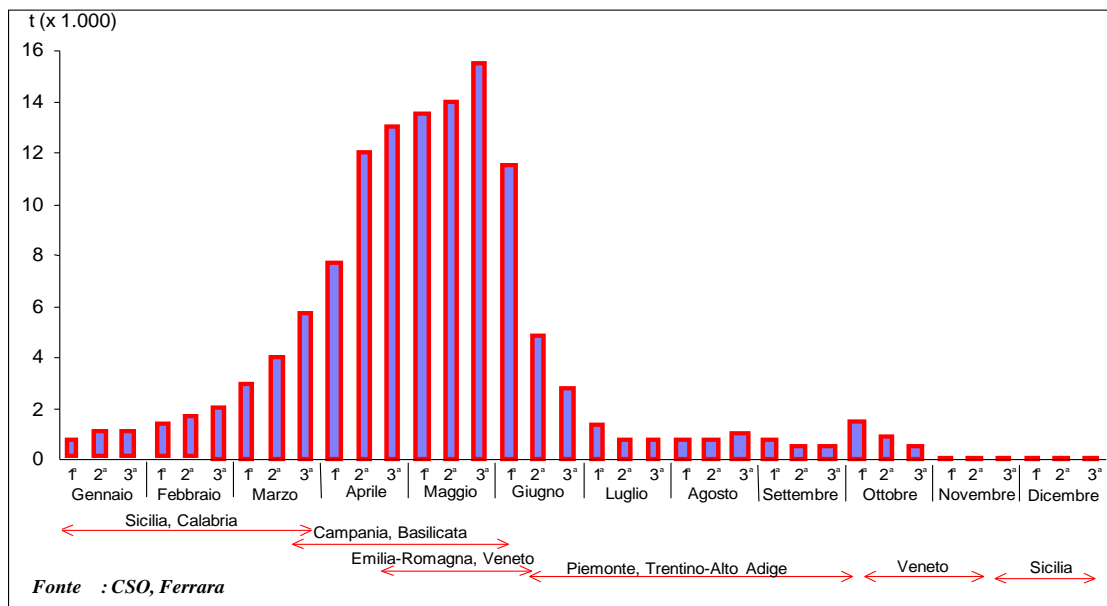
La fragola in Italia si considera ancora come un prodotto stagionale. Negli anni '80 in aprile e maggio si concentrava più dell'80% della produzione a livello nazionale. Questo aspetto ha creato in alcune annate concentrazioni di prodotto sul mercato che insieme ad altre ragioni (aumento dei costi di produzione, difficoltà di reperimento della manodopera) hanno determinato la crisi che ha interessato la fragola negli anni successivi (Fig. 9.1).

Fig. 9.1 – Anni '80: flusso produttivo di fragole in Italia.



Attualmente, si registra un flusso di produzione che insiste in pratica su quasi dieci mesi l'anno. Rispetto agli anni '80 è diminuita la concentrazione di prodotto nei mesi di aprile e maggio, mentre è aumentata l'offerta nei mesi invernali ed estivi (fig. 9.2)

Fig. 9.2 - Anno 2013: flusso produttivo di fragole in Italia.



### Fonte : CSO, Ferrara

La tendenza attuale è di accentuare ulteriormente questo trend, cercando di allungare il periodo di produzione dei principali areali fragolicoli, sia con l'impiego di adeguate tecniche di coltivazione finalizzate sempre più alla “destagionalizzazione” della coltura, sia attraverso l'impiego di cultivar rifioventi (Faedi *et al.*, 2009).

La fragolicoltura italiana è ormai in grado di fornire produzioni in tutti i periodi dell'anno, grazie alla disponibilità di validi standard varietali e di diverse tecniche colturali.

Le produzioni meridionali iniziano già in dicembre-inizio di gennaio, la Sicilia, in particolare, è l'areale che consente il massimo anticipo di produzione: col giusto anticipo degli impianti si possono raccogliere i primi frutti già a Natale, e divengono sempre più consistenti in marzo, ma soprattutto in aprile e maggio, quando si sovrappongono con quelle settentrionali di pianura ottenute prima in coltura protetta e, dopo circa 20 giorni, in pieno campo. Dopo la seconda-terza decade di giugno, e per

tutti i mesi estivi, la produzione di fragole diminuisce fortemente e le uniche aree in grado di fornire produzioni di qualità sono quelle più fresche di montagna, con coltivazioni di varietà unifere (fino a tutto il mese di Ottobre), ma soprattutto con le “colture programmate” attraverso l’impiego di piante “ingrossate” (A+, WB, TP), messe a dimora in suolo o fuori suolo e l’utilizzo di varietà rifioranti.

Le produzioni di montagna terminano coi primi freddi autunnali, ma il flusso produttivo di fragole prosegue fino a novembre, nell’area veronese grazie alla tecnica colturale, “autunnale” (Faedi W., Lucchi P., *et al.*, 2009).

La fragola è disponibile dalle diverse aree di produzione quasi dodici mesi all’anno. La sensazione di avere la disponibilità di un prodotto stagionale troppo a lungo, condiziona certamente in modo negativo la percezione della qualità dello stesso, indipendentemente dalla reale situazione. E’ quasi un luogo comune, infatti, che le fragole siano prive di sapore perchè coltivate in serra o siano troppo grosse, come emerge ormai costantemente dalle ricerche realizzate sul consumatore. Sul fronte commerciale, poi, malgrado i progressi, il nostro Paese ha perso smalto nello scenario europeo dell’ultimo decennio, sopraffatto dalle produzioni spagnole, malgrado anche queste ultime nel recente passato abbiano incontrato diverse difficoltà.

E’ significativo, a questo proposito, che indipendentemente dalla vocazionalità o meno dell’area, i consumatori tendano a considerare di maggiore qualità le fragole locali rispetto a quelle che provengono da altre zone. E proprio sfruttando questa situazione, che si potrebbe implementare un progetto di marketing nazionale volto alla riqualificazione del prodotto “fragola italiana” sia sul mercato interno che su quelli esteri. Il nuovo concetto di prodotto dovrebbe superare la logica della vecchia stagionalità, per portare la fragola italiana ad essere un prodotto consumabile almeno nove mesi l’anno, valorizzando le diverse provenienze, dalla Sicilia alle vallate alpine, nei loro rispettivi calendari ed accomunando il prodotto nazionale nella garanzia delle tecniche di produzione e nella qualità intrinseca delle diverse varietà adattate ai differenti ambiti territoriali. In questo senso si potrebbe così tramutare una nostra debolezza, la frammentazione della produzione in molteplici varietà, in un valore e si acquisirebbe un vantaggio distintivo su tutti i competitors europei, vale a dire un ampio calendario di commercializzazione (Della Casa, 2009).



## La fragolicoltura in Sicilia

---

### 10. Introduzione

Il comparto della fragola in Sicilia riveste una notevole importanza economica. Nel 2011 sono stati impiantati 320 ha di fragole con una produzione di oltre 1000 t, pari a 30 milioni di euro di fatturato. Nell'ultimo triennio la superficie investita a fragola in Sicilia ha fatto registrare un aumento del 4%, attestandosi, nel 2013, sui 341 ha (dati CSO di Ferrara). Questo incremento è legato ai successi economici dei fragoleti a sua volta dovuti alle innovazioni della tecnica colturale, come l'utilizzo delle piante fresche a radice nuda o in substrati (cime radicate) e all'introduzione di nuove cultivar con migliori caratteristiche qualitative dei frutti.

#### 10.1 La fragolicoltura in Sicilia

La coltura è dislocata per oltre il 60% nella Sicilia occidentale (Marsala, Petrosino, Campobello di Mazara, Mazara del Vallo) la restante parte si rinviene nel siracusano, nelle pendici dell'Etna e sui Nebrodi. I motivi dello sviluppo nella costa occidentale della Sicilia sono da ricercare nel clima mite di quest'area (temperature minime invernali medie intorno ai 13°C e massime estive non superiori i 32°C; ventosità e luminosità elevate) nella tipologia di terreno (terre rosse mediterranee o litosuoli "Sciare marsalesi" con scarsa presenza di sostanza organica) e nell'elevata disponibilità d'acqua di falda, d'ottima qualità. La produzione fragolicola in quest'areale, avviene esclusivamente in ambiente protetto (tunnel piccoli e multipli) e si contraddistingue per l'elevata precocità di maturazione dei frutti ed il lungo calendario di raccolta che inizia nella prima decade di dicembre con le piante fresche "cime radicate" e si protrae fino alla seconda decade di maggio, con produzioni che possono raggiungere le 60 t<sup>ha</sup><sup>-1</sup>. In questi ultimi anni si è assistito ad un vero e proprio cambiamento sull'utilizzo del

materiale vivaistico impiegando principalmente piante fresche che rispetto a quelle frigoconservate sono dotate di una maggiore tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale proprio grazie alla "giovinezza" dei tessuti; esse, inoltre, permettono di posticipare l'epoca di impianto (minori consumi irrigui e maggiore tempo disponibile per effettuare la solarizzazione del terreno nel pre-impianto), anticipare ed ampliare il calendario di raccolta.

La scalarità di maturazione dei frutti ottenuti con le piante fresche, oltre che limitare il fabbisogno di manodopera, in quanto il calendario di raccolta risulta ampliato, offre al consumatore in virtù delle particolari condizioni climatiche siciliane, fragole con parametri qualitativi (sapore, dolcezza e consistenza) più elevati.

La Sicilia, ed in particolare l'areale marsalese, rappresenta nel contesto fragolicolo nazionale la zona più precoce, simile alla zona di Huelva in Spagna. La produzione che si ottiene, ricade in un periodo di forte carenza di prodotto italiano, realizzando prezzi sul mercato piuttosto elevati. Per massimizzare la precocità di maturazione ed ottenere frutti di elevata qualità (colore brillante, equilibrato rapporto RSR/acidità, elevata consistenza della polpa) è sempre più importante l'utilizzo di piante fresche sia a "radice nuda" che "cime radicate" di elevata "qualità", difficili da reperire sul mercato per la nota carenza di un sistema vivaistico nazionale in grado di produrre piante fresche direttamente nelle aree di coltivazione, base essenziale per garantire i minori "stress" alla pianta fresca. Alla luce di ciò, in Sicilia è stato attivato un sistema vivaistico finalizzato a produrre piante fresche di nuove accessioni selezionate dal Dipartimento S.A.F. L'ottenimento di piante fresche a radice nuda e cime radicate, provenienti da stoloni è stato realizzato sia in vivai d'altura (Maletto, CT) sia con la tecnica del fuori suolo (Marsala, TP). Sono state moltiplicate nuove accessioni ottenute dal Dipartimento S.A.F dell'Università degli studi di Palermo, con i programmi di miglioramento genetico pubblico, caratterizzate da precocità di maturazione dei frutti, buone performance produttive, da tolleranza e/o resistenza a patogeni e da buone caratteristiche fisiche e organolettiche.

Attualmente il "sistema fragola" in Sicilia, in particolare nell'areale marsalese (Marsala, Mazara e Petrosino), garantisce redditività ai produttori, occupazione per molta manodopera stagionale, soprattutto quella impiegata nelle operazioni di impianto (metà agosto per le piante frigoconservate, settembre per le cime radicate e ottobre per le

piante fresche a radice nuda) e di raccolta (da dicembre a maggio) e alimenta un importante indotto rappresentato dall'entità dei mezzi tecnici impiegati per la coltivazione e dal considerevole flusso commerciale di esportazione (nord Italia ed in misura minore estero) ad esso connesso.

## 10.2 Le varietà per la Sicilia

Un presupposto necessario per raggiungere elevati livelli produttivi e qualitativi è la scelta varietale, che è strettamente collegata alla tipologia di materiale vivaistico ed alla tecnica colturale. Attraverso il progetto "Liste Varietali Fruttiferi - Fragola" finanziato dal Mi.P.A.A.F, vengono annualmente valutate in Sicilia numerose accessioni provenienti dal breeding mondiale. Per ciascuna varietà si redige annualmente una scheda in base ai rilievi eseguiti durante l'intero ciclo vegeto-produttivo che riguardano la pianta (accestimento, habitus vegetativo, densità del fogliame, vigore, uniformità di vigore, produttività), la foglia (forma della foglia mediana, forma dei denti, dimensione del lembo, colore, brillantezza, stipole), il fiore (epoca di fioritura, dimensioni e forma dei petali e della corolla, capacità di rifiorire) e il frutto (peso medio ponderato, forma, resistenza della superficie, brillantezza e uniformità del colore, dimensione del calice dei sepal e degli acheni, consistenza della polpa, sapore e qualità organolettica).

A partire dall'autunno, e per tutto il ciclo vegeto-produttivo viene rilevata la suscettibilità delle piante a malattie (es. oidio, vaiolatura fogliare, alternariosi e batteriosi, *Xanthomonas fragariae*). Dopo l'inverno, alla ripresa vegetativa, viene rilevato il numero di germogli (accestimento) per ciascuna pianta. Successivamente viene rilevata la data di inizio fioritura (2 fiori aperti per ciascuna pianta), piena (50% di fiori aperti) e fine della fioritura principale, quella originata dalla differenziazione autunnale.

Per le varietà brevidiurne (bifere) che presentano una seconda fioritura (originata da una differenziazione di gemme nei mesi invernali primaverili), circa 20 giorni dopo quella principale, viene stimata l'intensità. Anche per le varietà rifiorenti viene stimata l'intensità della capacità di rifiorire.

Durante la **raccolta** vengono eseguiti i seguenti rilievi o determinazioni:

- peso della produzione raccolta da tutte le piante delle parcelle sperimentali distinguendo il prodotto commerciale (frutti integri con diametro  $\geq 22$  mm) da quello di

scarto costituito da frutti piccoli (diametro < 22 mm), deformati o colpiti da marciumi; peso di 20 frutti, scelti a caso, di ogni raccolta.

Questi dati vengono poi utilizzati per calcolare la produzione totale a pianta (commerciale + scarto) espressa in grammi; il peso medio ponderato dei frutti; l'indice di precocità di maturazione, espresso dalla media ponderata dei giorni necessari a raccogliere tutta la produzione a partire dal 1° gennaio (indice =1). Vengono inoltre effettuati, su campioni di 20 frutti appena raccolti nelle staccate principali i seguenti rilievi o determinazioni: la resistenza della superficie del frutto alla compressione (g) con durometro digitale; consistenza della polpa (g) con penetrometro manuale; residuo secco rifrattometrico (°Brix) con rifrattometro digitale; acidità titolabile (meq/100 g) utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 n con blu di bromotimolo come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8); contenuto di acido ascorbico (vit. C) con strumento digitale *Rqflex* che ne permette la determinazione quantitativa con cartine colorimetriche, sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza; le caratteristiche colorimetriche del frutto: con il colorimetro automatico a riflettanza che rileva la tonalità rossa (a\*), gialla(b\*) e la brillantezza (L\*). Il Progetto redige annualmente una lista di varietà più consigliate per ciascun areale di produzione: aree meridionali (Sicilia, Basilicata, Campania, Calabria), settentrionali (Verona, Cesena) e di alta montagna (Val del Martello, Trento, Cuneo).

La **Lista 2013 delle varietà giudicate “positive”** negli areali meridionali ed in particolare per la Sicilia è composta dalle cultivar: Florida Fortuna, Sabrina, Naiad@Civl35 e Candonga@Sabrosa.

**Florida Fortuna:** Pianta molto produttiva; cultivar a basso fabbisogno in freddo invernale, che si presenta particolarmente adatta agli ambienti meridionali, quindi con elevata produttività anche nel periodo invernale (Dicembre), soprattutto se coltivata con pianta cima radicata messa dimora precocemente (prima decade di settembre); frutti di buona pezzatura e di forma conico - allungata, regolare e consistenti;

Difetti: suscettibilità ai patogeni dell'apparato radicale che provoca spesso mortalità o uno stato di stress alle piante con ripercussioni negative sulla qualità dei frutti, soprattutto in seguito agli innalzamenti delle temperature primaverili (necessita di terreni fertili e fumigati).

**Candong@Sabrosa:** di origine spagnola, è sicuramente la cultivar che sta riscontrando i maggiori consensi sia da parte dei produttori che dei consumatori siciliani. E' caratterizzata da una pianta rustica, a maturazione intermedia come pianta fresca, più tardiva come pianta frigo. L'habitus assurgente-compatto della pianta e la facilità di distacco del frutto velocizzano le operazioni di raccolta. Questa varietà, seppur mediamente tardiva e non molto produttiva, è molto apprezzata dai consumatori per le eccezionali caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti (elevata dolcezza e notevole consistenza della polpa che consente una lunga shelf life dopo la raccolta), riconosciute oltretutto dai mercati, su cui spuntare un prezzo tendenzialmente superiore rispetto alle varietà tradizionali (Baruzzi e Faedi, 2008). Attualmente è tra le più coltivate in Sicilia nell'areale marsalese insieme a Florida Fortuna.

**Naiad@Civl 35:** è una cultivar unifera, precoce e di elevata produttività. E' molto produttiva nei periodi più precoci di raccolta soprattutto con piante fresche "cime radicate". La pianta è di elevato vigore, soprattutto se frigoconservata, molto rustica e tollerante ai patogeni dell'apparato radicale. Il frutto è di grossa pezzatura, di bella forma conico-allungata molto regolare anche nelle raccolte precoci, consistente e di buon sapore. La colorazione è intensa, brillante in inverno ma negli altri periodi può divenire disforme, in concomitanza degli innalzamenti termici, un po' scura. E' suscettibile ad oidio e vaiolature fogliari (Baruzzi *et al.*, 2009a).

**Sabrina:** Pregi: pianta rustica e produttiva, adatta alla produzione in serra e fuori suolo; frutti di bella forma conico - allungata, molto regolare grazie anche alla buona fertilità pollinica, pezzatura media, colore rosso brillante, polpa compatta e buone caratteristiche organolettiche.

Difetti: elevata suscettibilità all'oidio, nei periodi più caldi la superficie può divenire delicata.

### 10.3 Il miglioramento genetico della fragola in Sicilia

L'attività di breeding negli ultimi anni, ha portato decisi miglioramenti delle caratteristiche qualitative della fragola, ma essendo la qualità risultante da numerosi fattori, fra loro interagenti, al fine di massimizzarla occorre coltivare i diversi genotipi nelle aree più vocate e con la tecnica agronomica più idonea.

La scelta di un'idonea tecnica colturale per queste varietà, come la piantagione

anticipata, durante il mese di settembre, con piante fresche “cime radicate”, al fine di iniziare la raccolta molto precocemente (novembre - dicembre) sta suscitando un certo interesse da parte dei fragolicoltori siciliani. La fragola è una specie in cui è particolarmente accentuata l'interazione genotipo-ambiente. Attualmente non esistono cultivar in grado di esprimere la massima potenzialità produttiva in condizioni ambientali molto diverse, pertanto necessitano genotipi pienamente adatti alle varie aree di coltivazione. Vi è quindi la necessità di individuare attraverso il miglioramento genetico nuove varietà che possano valorizzare le elevate potenzialità, nella fattispecie, del territorio siciliano.

In Sicilia fino al 2004 era attiva un'azione di miglioramento genetico condotta con finanziamenti pubblici (ex Progetto “Frutticoltura” del MiPAAF) che ha consentito la diffusione commerciale di varietà come Egla, Teodora e Clea (Arcuti *et al.*, 1994), Paros (Faedi *et al.*, 1998), Demetra e Rubea (Faedi *et al.*, 2003) che però hanno avuto un limitato successo presso i produttori.

Solo le recenti varietà Nora, Kilo e Palatina (Faedi *et al.*, 2009) hanno suscitato un certo interesse in alcuni ambienti, come Nora nell'area di Marsala (TP) e Kilo nel Lametino (CZ). Dopo il Progetto “Frutticoltura”, il breeding della fragola in Sicilia è proseguito grazie al supporto finanziario del Dipartimento di Agronomia Ambientale e Territoriale dell' Università di Palermo, integrato a partire dal 2009 da finanziamenti ministeriali nell'ambito del Progetto finalizzato FRUMED – sottoprogetto INNOVA.

Ancora nel biennio 2011-2012, il Dipartimento S.A.F (ex S.Ag.A) con l'attività di breeding condotta in Sicilia, attraverso il Progetto “Fragolosa” ha selezionato nuove accessioni (Pa 05.115.03; Pa 08.79.20; Pa 03.260.03; Pa 08.79.19; Pa 09.109.50 ecc), che possono essere affiancate alle cultivar tradizionalmente coltivate, in quanto manifestano precocità di maturazione, qualità e migliore adattabilità all'ambiente pedoclimatico.

Il programma di breeding in Sicilia mira ad ottenere validi genotipi caratterizzati da basso fabbisogno in freddo invernale, adatti ad essere impiegati in fragoletti come piante fresche, con piante di elevata produttività e rusticità, tolleranti e/o resistenti ai principali patogeni radicali, e frutti di grossa pezzatura ed elevate caratteristiche qualitative: consistenza, sapore, aroma. Negli ultimi anni il consumatore è sempre più interessato alla presenza di composti “bio-attivi” nei frutti e quindi si ricercano anche cultivar con

frutti di alto valore nutrizionale, inteso soprattutto come contenuti di sostanze antiossidanti (Acido ascorbico, acido ellagico, flavonoidi, ecc.).

La metodologia operativa applicata in Sicilia è quella del breeding classico, che prevede la programmazione e l'esecuzione di incroci seguendo schemi di ricombinazione complementare e metodi di selezione ricorrente. La scelta dei parentali viene effettuata sulla base delle performance di numerosi genotipi già osservati in Sicilia e negli altri areali meridionali (Campania, Basilicata e Calabria). Ciò al fine di individuare i migliori parentali in grado di apportare uno o più caratteri marcatamente espressi in quell'ambiente specifico (Baruzzi *et al.*, 2009). La selezione delle progenie di semenzali ottenuti dagli incroci, in genere intervarietali, viene eseguita soggettivamente dai *breeders* direttamente nei campi sperimentali. La successiva valutazione delle selezioni (= semenzali selezionati) nei campi parcellari di I° e II° livello, avviene tenendo conto anche di rilievi oggettivi eseguiti secondo la già descritta metodologia ben collaudata nell'ambito dei progetti MiPAAF "Frutticoltura" (Faedi *et al.*, 2006) e Liste di Orientamento Varietale. Infine, il collaudo finale delle migliori selezioni, prima dell'eventuale loro licenziamento, viene effettuato per uno o due anni direttamente dagli Organismi Produttivi coinvolti nelle azioni, estendendo le valutazioni fino agli aspetti commerciali e alla risposta del mercato all'innovazione che di volta in volta si propone.

### 11. Introduzione

La coltura della fragola in quest'ultimo quarantennio nella provincia di Trapani ha avuto una notevole espansione, insediandosi esclusivamente in ambiente protetto. Rappresenta un esempio di rapida evoluzione tecnica, produttiva ed economica. Le produzioni di fragola che si realizzano lungo la fascia costiera occidentale dell'isola, nel territorio di Marsala, Petrosino e Mazara del Vallo, si impongono sui mercati nazionali e nord-europei per l'ottima qualità del prodotto e grazie alla capacità di spingere al massimo la precocità di maturazione con bassi costi energetici. Oggi, nel Marsalese è possibile realizzare una produzione che si distingue sul mercato nazionale ed estero per la capacità di produrre fragole in epoca anticipata, dai mesi di novembre-dicembre fino alla successiva tarda primavera, non trovando concorrenza nella prima fase produttiva con la fragolicoltura della Piana del Sele, di Battipaglia e Metaponto. Inoltre, in queste zone della Sicilia, grazie alla mitezza del microclima è possibile realizzare produzioni precocissime a dicembre e a gennaio che permettono di rifornire, per prime, i mercati del Nord, sebbene con limitati quantitativi di prodotto.

#### 11.1 Raccolta, manipolazione e destinazione del prodotto.

La raccolta delle fragole è un'operazione delicata, da svolgersi con cautela per non danneggiare i frutti. La quasi totalità di fragole raccolte in Sicilia viene commercializzata in vaschette di 150 g, poste in numero di 10 per confezione, o in vaschette di 250 g, poste in numero di 8 per confezione. Un operaio può raccogliere in una giornata lavorativa da 60 a 90 kg di fragole a frutto grosso, in relazione alla varietà e alla quantità di frutti maturi. La raccolta per il consumo fresco avviene quando almeno l'80% della superficie del frutto ha assunto il colore tipico della cultivar, mentre per il prodotto da destinare all'industria di trasformazione si aspetta che tutto il frutto sia



colorato di rosso intenso. Il numero di raccolte e il tempo medio delle staccate variano in relazione alla zona geografica, all'andamento stagionale, alla cultivar, all'epoca di inizio maturazione, alla tecnica colturale e alla tipologia di pianta. Generalmente, la fragola a frutto grosso coltivata in ambiente protetto, nel periodo invernale, quando la stagione è ancora fresca, si raccoglie settimanalmente ma, aumentando la temperatura, l'intervallo fra le staccate si riduce fino a 2-3 giorni. I frutti destinati al consumo fresco devono essere integri, con il calice e un breve peduncolo e successivamente, per costituire partite omogenee, divisi per differenti colorazioni e pezzature. È opportuno sottolineare che le fragole vengono poste direttamente nei contenitori di vendita; usualmente sono utilizzati cestini, di solito trasparenti, messi a loro volta in contenitori (plateau) di legno o cartone.



## **11.2. Dalla raccolta al condizionamento.**

Le fragole si caratterizzano per l'elevata deperibilità e la progressiva riduzione delle caratteristiche organolettiche; è pertanto fondamentale, subito dopo la raccolta, rallentare il processo di maturazione abbassando rapidamente la temperatura del frutto fino a 3-4° C. La pre-refrigerazione viene effettuata, di norma, in celle ad aria forzata.

### **Pre-refrigerazione**

Per assicurare una buona qualità del prodotto è indispensabile limitare l'attività metabolica e la respirazione, che ne è l'espressione più evidente. Tutti i piccoli frutti e

in particolar modo i frutti di fragola, che sono caratterizzati da elevato metabolismo, beneficiano di un rapido raffreddamento (non oltre le due ore dalla raccolta). Sono stati sperimentati sui piccoli frutti, con risultati apprezzabili, alcuni dispositivi di pre-refrigerazione in campo, costituiti da moduli componibili in materiale isolante, conformati in modo tale da alternare moduli contenenti cestini di frutta a moduli contenenti ghiaccio che permettono un rapido raffreddamento a circa 5 °C già dopo 4-5 ore, mantenendo poi una temperatura intorno ai 10°C nell'arco delle 24 ore. Il conferimento del prodotto, possibilmente nella prima parte della mattina, al magazzino frigorifero dotato di impianto ad aria forzata per l'abbattimento rapido della temperatura risulta essere comunque una buona pratica. Meglio ancora se si inizia la catena del freddo già in azienda con interventi di pre-refrigerazione. (Lovati F., Nuzzi M., Testoni A., 2012).



### **Il calo peso nel post-condizionamento**

Le fragole, come tutti i prodotti ortofrutticoli freschi, sono prodotti vivi e, in quanto tali, sono soggetti a perdita di peso determinata da fenomeni di natura fisiologica: traspirazione dell'acqua e respirazione biochimica delle sostanze di riserva, favorita da temperature elevate.

Il valore medio di perdita di peso per le fragole, così come segnalato dal Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare della Facoltà di Agraria di Bologna, è quello sottoindicato:

**Valore medio: 2-5%**

Condizioni ottimali di conservazione	
Refrigerazione normale	
° C	U.R.%
3-4°	90
U.R.: Umidità relativa	

Altre prove di conservazione a temperatura compresa tra -0,5 e 0 °C (- 0,7°C è il punto di congelamento) e con umidità relativa intorno all'85-90% hanno dimostrato che la durata della conservazione può arrivare anche a 10 giorni. Naturalmente, scegliendo temperature vicino al punto di congelamento, bisogna adottare idonee precauzioni se il prodotto deve essere movimentato; infatti in seguito all'interruzione della catena del freddo si verificano innalzamenti della temperatura con conseguente formazione di condensa che provoca evidenti perdite qualitative per disidratazioni superficiali, scomparsa della lucentezza e più facile sviluppo di marciume.(Faedi et al., 2010). Se il prodotto subisce quindi diverse movimentazioni è bene non raffreddarlo sotto i 4°C e utilizzare ambienti a temperature differenziate comprese tra 5-6°C.

## **Post - Raccolta**

Se adeguate pratiche colturali concorrono all'esaltazione della qualità potenziale del frutto, una corretta gestione della fase post-raccolta contribuisce sicuramente al mantenimento delle pregevoli prerogative originali. Per migliorare le operazioni di raccolta, lavorazione, conservazione e trasporto vengono messe in atto tecniche analitiche di controllo e di valutazione della qualità.

Lo *scopo principale* che si prefigge chi svolge attività di valutazione è essenzialmente quello di fornire indicazioni riguardo la qualità affinché i vari operatori della filiera possano utilizzarle con profitto e immediata corrispondenza con le esigenze che si riscontrano sul campo.

La **valutazione qualitativa** del frutto di fragola, nella fase di post-raccolta, ne valorizza quindi le caratteristiche estrinseche e intrinseche, richieste in modo costante dal mercato, ai vari livelli. Esse sono, per esempio, la facilità di movimentazione del prodotto (frutti consistenti e con buona resistenza alla manipolazione), l'aspetto sui banchi di vendita (frutti di colore rosso brillante, aspetto fresco e attraente, calice di colore verde, confezionamento adatto), il mantenimento della qualità anche alcuni giorni dopo l'acquisto (shelf-life prolungata), il contenimento delle fisiopatie, i contenuti nutrizionali (zuccheri e acidi) e, soprattutto le elevate proprietà organolettiche (gusto equilibrato, aroma caratteristico, buona consistenza).

Le **analisi oggettive** che concorrono alla caratterizzazione qualitativa consistono nella determinazione del peso medio dei frutti, del colore (espresso con le coordinate cromatiche  $L^*a^*b^*$ ), della consistenza, del residuo secco rifrattometrico, dell'acidità titolabile, del contenuto in acidi organici e in zuccheri. Tali misurazioni sono di norma effettuate subito dopo la raccolta e/o durante la shelf-life, come nel caso del colore per valutarne la stabilità (differenza tra il colore alla raccolta e quello dopo conservazione). Segue poi la valutazione della serbevolezza dei frutti dopo conservazione frigorifera di 3 giorni a 4°C + 1 giorno a 20°C (simulando il comportamento di commercializzazione e consumo) rilevando il calo peso dei frutti, le percentuali di frutti sani, di frutti ammaccati, di frutti affetti da marciume e di frutti affetti da essiccamento o imbrunimento del calice. L'insieme di tutte queste informazioni consente una dettagliata caratterizzazione qualitativa delle singole cultivar e fornisce gli elementi di scelta per ottimizzare le operazioni di filiera.

### **Commercializzazione**

Nel periodo della commercializzazione i frutti di fragola possono subire un notevole cambiamento della qualità organolettica. I più vistosi mutamenti sono rappresentati dall'evoluzione del colore e dalla diminuzione di brillantezza dell'epidermide, dalla diminuzione di consistenza della polpa, dall'appassimento e/o decolorazione del calice. Una volta arrivata nei banchi di vendita, la fragola secondo le aspettative qualitative del consumatore dovrebbe avere determinate caratteristiche:

1) **Colore:** è importante la stabilità di un colore brillante durante la commercializzazione. In Italia sono apprezzate tonalità rosso-brillanti. In USA è preferito un colore più scuro.

- 2) **Freschezza:** il calice verde, turgido e sufficientemente ampio è elemento di giudizio insieme al colore.
- 3) **Forma e dimensioni:** la forma conica, regolare e allungata è quella preferita. Si prediligono inoltre pezzature medio-grosse, di 25-30 g ma uniformi.
- 4) **Dolcezza:** grazie al miglioramento genetico, sono state ottenute cultivar con valori medi di R.S.R a 7,5-8,0 °Bx.
- 5) **Acidità:** la percezione del sapore dolce è soggetta a interazione con l'acidità; è necessario un rapporto equilibrato tra le due componenti e un contenuto di acidità tra 10 e 15 meq/100g sembra ottimale.
- 6) **Aroma:** con la dolcezza è il parametro che per il 90% identifica una fragola buona e fornisce un elemento guida nella scelta di preferenza.
- 7) **Salubrità:** assenza di residui chimici (produzioni Bio) e presenza di composti a effetto nutraceutico.

La pre-refrigerazione, il deposito a temperature controllate, il trasporto con mezzi isotermici, il confezionamento in cestini anche con proprietà funzionali (fori, coperchi, avvolgimento in film a permeabilità controllata, strato di materiale assorbente sul fondo per controllare l'eccessiva traspirazione o lo schiacciamento/ammaccatura dei frutti) sono pratiche fondamentali per mantenere la qualità. Nel punto vendita, molto spesso i frutti sono lasciati a temperatura ambiente, in attesa dell'acquisto. Buona norma sarebbe invece dotarsi di banchi refrigerati e utilizzare modalità di confezionamento che permettano di mantenere bassa temperatura e sufficiente ventilazione, al fine di ottenere tutti i benefici possibili dall'impiego del freddo anche al dettaglio.

Un canale di commercializzazione che da qualche tempo continua ad avere un forte incremento è il mercato degli agricoltori o farmer market, normalmente allestito nelle città ma comunque non molto distante dalle zone di produzione (filiera corta) e che permette di avere prodotti offerti direttamente dalle aziende produttrici a garanzia di un maggior controllo della freschezza e a prezzi più convenienti.

# **PARTE SPERIMENTALE**

È nell'ottica della sostenibilità ambientale e dell'ottenimento di elevati standard produttivi e qualitativi, che si inquadra la sperimentazione oggetto di questa tesi.

L'aspetto e le caratteristiche nutrizionali e organolettiche delle fragole sono molto considerati dal consumatore, che preferisce frutti attraenti e uniformi, con una carica sensoriale ben definita e ricca, corredata da un buon apporto di elementi nutritivi (Testoni e Lovati, 2004).

Inoltre, oggi il consumatore è sempre più attento alla salubrità degli alimenti. Questa dipende sia dall'agrotecnica adottata, ed in particolare assumono sempre maggiore interesse le produzioni biologiche e integrate, con assenza di residui chimici di sintesi, che dal valore nutrizionale e quindi dal contenuto di sostanze volte ad accrescere il benessere fisico e convalenza farmaceutico - terapeutica.

In quest'ottica, la fragola è stata inserita tra i "supercibi", poichè è molto ricca di composti antiossidanti (vitamina C, polifenoli, acido ellagico, flavonoidi ecc..) che hanno un'azione positiva contro le malattie croniche e degenerative, come cancro, malattie cardio-vascolari ed invecchiamento cellulare. Oggi, questo frutto rosso è sempre presente sulle nostre tavole, quasi dodici mesi l'anno. La sensazione di avere la disponibilità di un prodotto stagionale troppo a lungo, però, condiziona in modo negativo la percezione della qualità dello stesso, indipendentemente dalla reale situazione.

E' quasi un luogo comune, infatti, che le fragole siano prive di sapore perche coltivate in serra, o siano troppo grosse e brillanti per non avere origini transgeniche, come emerge ormai costantemente dalle ricerche realizzate sul consumatore.

Alla luce di ciò, durante il triennio di ricerche si è cercato di individuare una tecnica colturale in ambiente protetto, che sia eco-compatibile e nel contempo, permetta di

ottenere produzioni precoci, più remunerative per i produttori siciliani e frutti di qualità con elevato valore nutrizionale.

In Sicilia la fragolicoltura è concentrata in aziende diretto coltivatrici medio-grandi, con ritorno frequente nello stesso appezzamento (monocoltura) e ripetute fumigazioni del terreno al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni.

Scopo di una delle ricerche condotte durante il corso di dottorato di ricerca è stato di verificare ed ampliare la conoscenza su alcuni mezzi alternativi al bromuro di metile, a basso impatto ambientale, quali la solarizzazione con film plastici innovativi e la biofumigazione con l'utilizzo di pellets di piante biocide. Inoltre, anche l'individuazione di nuove varietà resistenti e/o tolleranti ai principali patogeni terricoli potrebbe permettere la riduzione di input chimici di sintesi.

Durante il triennio di ricerca (2011-2013) è stato effettuato un approfondito lavoro di miglioramento genetico della fragola, effettuando incroci intervarietali, selezionando nuovi semenzali, valutando nuove selezioni (semenzali selezionati e selezioni in fase avanzata di studio) con l'obiettivo di ottenere nuove cultivar idonee all'areale siciliano (caratterizzate da basso fabbisogno in freddo invernale, adatte ad essere impiegate come piante fresche), tolleranti ai patogeni terricoli, con elevate produzioni precoci e di qualità.

Nel primo anno, oltre ad aver effettuato un approfondito lavoro di ricerca bibliografica, spaziando su vari argomenti inerenti la gestione dei sistemi colturali in serra, il vivaismo, le tecniche alternative al bromuro di metile, il miglioramento genetico e la qualità delle specie ortive ed in particolare della fragola, ho iniziato a seguire diverse prove sperimentali in campo, inerenti:

- ✓ I mezzi alternativi al bromuro di metile per la disinfezione dei terreni coltivati a fragola, soprattutto quelli eco-compatibili, quali la solarizzazione, utilizzando film plastici innovativi e la biofumigazione con pellets di piante biocide e sostanza organica;
- ✓ Lo sviluppo del vivaismo fragolicolo in Sicilia, e quindi mi sono occupata della realizzazione e organizzazione sia dei vivai per la produzione di piante fresche di fragola (sia a “radice nuda” che con pane di terra “cime radicate”) presso Agrovivai di Marsala che dei campi di coltivazione (siti in Marsala) delle piante fresche ottenute in Sicilia;



- ✓ L'influenza dei trattamenti bio in pre-impianto sulla qualità di fragole ottenute da piante fresche;
- ✓ Il confronto varietale per la costituzione della "Lista di orientamento varietale, fragola", che rappresenta un riferimento per le scelte di frutticoltori e vivaisti e di miglioramento genetico della fragola per la costituzione di nuove accessioni valide per l'areale di coltivazione siciliano.

Nel secondo anno ho continuato a seguire le prove presso i campi sperimentali siti a Marsala:

- ✓ confronto tra le piante fresche di fragola provenienti dalla Polonia e quelle prodotte in altura in Sicilia;
- ✓ costituzione e osservazione di campi sperimentali con entrambe le tipologie di piante: fresche e frigoconservate;
- ✓ reattività delle nuove varietà alla coltivazione con le diverse tipologie di pianta;
- ✓ comportamento bio-agronomico di selezioni ottenute da incroci effettuati in Sicilia allevate con diverse tipologie di pianta;
- ✓ Stage a Cesena per migliorare le mie competenze sulle analisi qualitative delle fragole;
- ✓ innovazione varietale e di miglioramento genetico.

In particolare mi sono occupata della selezione delle progenie di semenzali ottenuti da incroci, in genere intervarietali, della valutazione delle selezioni (= semenzali selezionati al primo anno e in fase avanzata di studio, rispettivamente nei campi parcellari di I° e II° livello) e della valutazione di nuove varietà italiane ed estere.

Nel terzo anno ho seguito prevalentemente ricerche che hanno riguardato:

- ✓ l'analisi quali - quantitativa di frutti di nuove accessioni ottenute da diverso materiale vivaistico oggetto di studio in Sicilia.
- ✓ Raccolta e Post - Raccolta interessandomi di due importanti varietà per l'areale marsalese Florida Fortuna e Sabrina cercando di rendere l'organizzazione commerciale più efficace possibile e rafforzando la filiera produttiva con fornitori organizzati ed in

grado di ottimizzare i volumi, la logistica e la catena del freddo con lo scopo di allungare la shelf- life dei frutti.

Infine ho continuato a gestire i campi di miglioramento genetico e valutazione delle varietà italiane ed estere.

## **Effetti e risultati del trattamento pre-impianto al terreno su fragola in Sicilia**

---

### **13. Introduzione**

Nell'ultimo ventennio la fumigazione pre-impianto dei terreni è stata l'azione decisiva per la soluzione delle problematiche legate alla monosuccessione.

Le aziende che in Sicilia sono specializzate a coltivare la fragola in maniera tradizionale, adottano la monocoltura, ossia investono l'intera superficie di cui dispongono alla coltivazione di un'unica specie.

La ripetizione della fragola sullo stesso terreno per più anni comporta però un aumento dei fattori biologici nocivi nel suolo: una selezione di parassiti animali e vegetali propri della specie coltivata, patogeni dell'apparato radicale ed erbe infestanti difficili da controllare, ma soprattutto un decremento della fertilità.

Per ovviare a tale inconveniente fino a qualche anno fa è stata praticata la disinfestazione del terreno con bromuro di metile, un fumigante particolarmente efficace nel rendere inattivi gran parte dei patogeni fungini e dei nematodi presenti nella rizosfera, nel controllare in maniera ottimale delle erbe infestanti e nell'aumentare la disponibilità di azoto per effetto della mineralizzazione dell'azoto organico.

Questo aloidrocarburo paraffinico ad ampio spettro di azione, se da un lato ha fornito benefici effetti come controllo ottimale delle erbe infestanti, abbattimento del potenziale di inoculo dei principali patogeni del terreno (*Phythium*, *Phytophthora* spp. *Verticillium*, *Fusarium* e nematodi) dall'altro è stato incluso tra le sostanze responsabili della distruzione dello strato di ozono atmosferico.

E' stato allertato che l'utilizzo del bromuro di metile determina un impoverimento della sostanza organica e della fertilità microbiologica del suolo; inoltre il suo uso è stato vietato per motivi di natura tossicologica ed ambientale.

Da qui la necessità di cercare delle alternative valide alla disinfestazione del suolo col bromuro di metile.

Le recenti limitazioni imposte e la messa al bando di questo fumigante (che è avvenuta il 1° gennaio del 2005, tranne che per gli usi critici), considerato dannoso allo strato di ozono stratosferico, ha stimolato la ricerca volta alla messa a punto di tecniche alternative in grado di permettere il raggiungimento di soluzioni a breve e lungo termine.

Tra i prodotti chimici, sperimentazioni su fragola, hanno dimostrato che la miscela di cloropicrina e 1,3-D consente di ottenere dei risultati produttivi paragonabili al bromuro di metile. La dose consigliata da applicare al terreno varia tra 20 e 30 g/m<sup>2</sup> di formulato. La solarizzazione è un'alternativa a basso impatto ambientale che ha fatto registrare risultati interessanti soprattutto nei climi più caldi mediterranei. Prove di solarizzazione condotte in Sicilia hanno fatto riscontrare produzioni superiori a quelle ottenute con la fumigazione con bromuro di metile (D'Anna, 2003; Bonomo e Catalano, 2003).

Solitamente, nel Marsalese, si utilizzano film plastici trasparenti per permettere il passaggio delle radiazioni solari verso il terreno e per intrappolare il calore nello strato suolo-film pacciamante.

Tali operazioni vengono eseguite prima della solarizzazione per evitare ulteriori lavorazioni con conseguente rimescolamento degli strati superficiali del terreno. Negli ultimi anni si sta diffondendo l'utilizzo di un film coestruso verde di spessore 40 µ, ottenuto percostruzione di 3 strati di EVA di uguale spessore, trasparente e con pigmento verde (fotoselettivo-riduzione per assorbimento della banda del visibile 500-600 nm). I filmcoestrusi colorati in verde sono in grado di fornire, rispetto ai neri e ai tradizionali film trasparenti, maggiori incrementi della temperatura del terreno ed inibire del tutto l'eventuale crescita delle erbe infestanti; inoltre è stato provato che questi film verdi resistono all'intero ciclo di coltivazione della fragola con un risparmio di manodopera, in quanto il trapianto delle piantine viene effettuando forando lo stesso film.

L'introduzione sul mercato del coestruso verde ha risolto molti problemi legati allo smaltimento dei film plastici, in particolare nella disinfestazione dei fragoletti. Tale tecnica ha determinato produzioni qualitativamente e quantitativamente uguali e/o superiori rispetto a quelle ottenute da piante allevate in terreno fumigato e pacciamato

con PE nero (D'Anna *et al.*, 2009). Inoltre, l'utilizzo delle piante fresche “cime radicate” si è confermata di grande interesse per i terreni non fumigati e per le coltivazioni biologiche dove ha evidenziato un miglior comportamento produttivo rispetto a quello delle piante frigoconservate.

Con questa ricerca si è voluto verificare ed ampliare la conoscenza su queste due tecniche di trattamento pre-impianto del terreno (chimico e fisico) e i loro effetti sul comportamento di nuove varietà resistenti e/o tolleranti ai principali patogeni radicali.

### **13.1. Materiali e Metodo**

Lo studio è stato condotto nel 2010-'11, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (ex DAAT, sezione di Orticoltura e Floricoltura) a Marsala (TP).

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche “cime radicate” 3 varietà Candonga<sup>®</sup> Sabrosa, Nora e Florida Fortuna e 3 selezioni: PA 260, PA 3 e PA 10 selezionate a Marsala la prima nel 2005 e le altre nel 2007.

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 arcate di 4,5 m (larghezza) x 2,4 m (altezza) x 30 m (lunghezza), su un terreno proveniente dalla trasformazione delle tipiche “sciare” siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione subalcalina (pH 8,5), con alto calcare attivo (8,8 %), ben dotato di K<sub>2</sub>O scambiabile (660 ppm), fosforo (68 ppm), azoto totale (2,0 ‰) e di sostanza organica dovuta all'apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria (10 t/ha). Il terreno è stato baulato e suddiviso in 3 parti, una è stata pacciamata con polietilene nero (mm 0,08 di spessore) e geodisinfestata con una miscela di cloropicrina (20 g/m<sup>2</sup>)+1,3 dicloropropene (20 g/m<sup>2</sup>), somministrata per *drip fumigation* 30 giorni prima del trapianto; un'altra solarizzata, a partire da luglio e per tutto il mese di agosto, con film plastico verde 0,04 mm di spessore, che è stato mantenuto anche durante la coltivazione come film pacciamante e la terza parte non è stata trattata (controllo). L'irrigazione è stata praticata con manichetta forata posta sotto il film di PE pacciamante.

Le piante fresche “cime radicate” sono state messe a dimora il 20 settembre 2010, a file binate, realizzando una densità di 8 piante/m<sup>2</sup>.

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, apportando complessivamente: N 200 Kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150, K<sub>2</sub>O 300 e chelato di ferro 60.

La copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre con film plastico in PE trasparente additivato con EVA dello spessore di 120  $\mu$ .

È stato adottato un disegno sperimentale a parcella suddivisa (split-plot), con unità elementare di 15 m<sup>2</sup> ripetute 3 volte, nelle file centrali del tunnel, in cui il fattore principale è il trattamento pre-impianto del terreno e quello secondario è l'accessione varietale.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti commerciali scelti in ogni raccolta.

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

- la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);
- il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8);

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato mensile e generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f), del contenuto di acido ascorbico (mg/100 g di s.f), della brillantezza (L) e del valore Chroma dei frutti.

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

### **13.2. Risultati e discussione**

La percentuale di attecchimento è risultata elevata (98%). Il ritmo di crescita è stato soddisfacente; a dicembre le piante hanno manifestato un buon accostamento in media 1,8 germogli/pianta, in particolare le piante coltivate su terreno disinfestato con cloripicrina ed 1,3 dicloropropene si sono differenziate dalle altre per aver prodotto un maggior numero di germogli/pianta (1,9). In particolare, tra le accessioni in prova si è distinta la selezione PA 10 con 2,1 germogli/pianta (Tab.13.1). L'interazione trattamento del terreno x accessione è risultata significativa all'analisi della varianza,

PA 10 coltivata su terreno trattato con metodo chimico e non trattato ha prodotto il maggior numero di germogli (Fig.13.1).

La produzione è sempre stata influenzata dalla due variabili in studio (Tab.13.1).

La raccolta è iniziata a metà dicembre, le piante coltivate su terreno trattato con cloropicrina e 1,3 dicloropropene e su quello non trattato si sono differenziati statisticamente da quelle coltivate su terreno solarizzato per aver prodotto in media 16,5 g/pianta e tra le accessioni le più precoci sono state PA 260 (36,7 g/pianta) e Florida Fortuna (31) mentre Candonga ha fornito solo 3,3 g/pianta. In gennaio, febbraio e marzo le piante più produttive sono state quelle coltivate su terreno trattato con cloropicrina + 1,3 dicloropropene, rispettivamente 57, 84,6 e 160,6 g/pianta. Tra le accessioni, a gennaio si è distinta PA 260 (69,7 g/pianta) seguita da Florida Fortuna (56,7 g/pianta); mentre a febbraio e marzo Candonga ha prodotto rispettivamente 112 e 174,8 g/pianta seguita dalla tre selezioni in prova (in media, a febbraio 77,8 e a marzo 172,4 g/pianta). Ad aprile le tesi solarizzate e quelle trattate con metodo chimico sono state le più produttive, in media 91,5 g/pianta, tra le accessioni in prova si sono distinte le due selezioni PA 3 e PA 10 (mediamente 115,9 g/pianta). Nel mese di Maggio la produzione si è ridotta drasticamente, le piante coltivate su suolo solarizzato sono state le più produttive fornendo 28,9 g/pianta; tra le accessioni sono emerse PA 260, Candonga e Florida Fortuna con una media di 29,6 g/pianta. La produzione commerciale totale di frutti più elevata è stata fornita dalle piante coltivate su terreno trattato con cloropicrina+1,3 dicloropropene; tra le accessioni si sono evidenziate le selezioni PA 260 e PA 3 con una produzione complessiva media di 449,7 g/pianta. L'interazione trattamento pre-impianto x accessione è sempre risultata significativa, ed in particolare a dicembre è emersa la sel PA 260 coltivata sia su terreno trattato con metodo chimico che su controllo (in media 43 g/pianta); a gennaio PA 260 sia su terreno trattato con metodo chimico che su controllo e PA 3 su terreno trattato hanno fornito la maggiore produzione, in media 83 g/pianta; a febbraio Candonga coltivata sia su terreno trattato che su controllo è risultata la più produttiva (in media 115 g/pianta); in marzo PA 10 su controllo e Candonga su terreno trattato con cloropicrina + 1,3 dicloropropene sono state le più produttive fornendo in media 204 g/pianta; nel mese di aprile e maggio si sono distinte su terreno trattato rispettivamente Pa 10 con 151 g/pianta) e Fortuna 40,5 g/pianta; complessivamente la maggiore produzione è stata

fornita da PA 260 coltivata su terreno trattato con metodo chimico (518 g/pianta) (Tab.13.1). Il peso medio dei frutti non è stato influenzato dal trattamento pre-impianto del terreno ma soltanto dalle accessioni in studio, Candonga, Florida Fortuna PA 10 e PA 260 hanno prodotto frutti di peso medio di 21,2 g (Tab.13.2). Il peso medio dei frutti è stato influenzato dall'interazione trattamento pre-impianto x accessione, in particolare sono emerse Candonga su suolo solarizzato, Florida Fortuna su suolo trattato con cloropicrina + 1,3 dicloropropene e PA 10 indipendentemente dal trattamento del suolo, in media 21,6 g. Le caratteristiche qualitative dei frutti (consistenza della polpa, contenuto in solidi solubili totali e Acidità totale) sono state influenzate dalle due variabili in studio; le piante coltivate su terreno fumigato hanno prodotto i frutti più consistenti (834 g) e più dolci (9,6 °brix), mentre le piante coltivate su terreno non trattato hanno fornito i frutti con il più elevato contenuto in acidi totali (9,8 meq/100 g). Tra le accessioni Candonga si è distinta per l'elevata consistenza, 902 g e Nora per l'elevato contenuto in solidi solubili totali (10,1 °brix) e acidità totale (10,7 meq/100 g). L'interazione tra le due variabili è risultata significativa, per la consistenza dei frutti, sono emerse Nora, Candonga, PA 260 e PA 10 coltivate su terreno solarizzato, le tre varietà su terreno trattato con metodo chimico e Florida Fortuna e Candonga su terreno non trattato; per il contenuto in solidi solubili si sono distinte Nora su terreno trattato e solarizzato, PA 3 e PA 10 su terreno solarizzato (Tab.13.2).

### **13.3. Conclusioni**

In Sicilia, la fragolicoltura è concentrata in aziende diretto coltivatrici medio-piccole, con ritorno frequente nello stesso appezzamento (monocoltura) e ripetuti trattamenti chimici al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni. La geodisinfezione può essere attuata anche con l'utilizzo di metodi ecocompatibili, fisici, come la solarizzazione.

Alla luce dei risultati ottenuti dalla prova condotta nel 2011 su terreno precedentemente coltivato a fragola da diversi anni, si può affermare che, in Sicilia, il trattamento chimico cloropicrina + 1,3 dicloropropene risulta il più efficace dal punto di vista produttivo ma la solarizzazione potrebbe essere una valida alternativa. Certamente occorre ricordare che la solarizzazione pone alcuni limiti legati alla necessità di mantenere il terreno libero da coltura per almeno sei a otto settimane, durante il periodo



più caldo dell'anno e allo spettro di azione non sempre sufficiente per garantire una ottimale efficacia contro i diversi parassiti vegetali e animali delle colture agrarie. La tipologia di film plastico di colore verde usato in questa ricerca ha permesso di ottenere buoni risultati sia produttivi che qualitativi dei frutti, nonché una riduzione dei problemi legati allo smaltimento della plastica, infatti utilizzando il film trasparente dopo il trattamento deve essere tolto e sostituito con il film plastico nero, mentre questa tipologia viene utilizzata anche per la pacciamatura del suolo.

Anche la scelta varietale e l'individuazione di nuove selezioni rustiche ed adatte all'areale siciliano è di fondamentale importanza, sia per l'ottenimento di produzioni precoci con elevate caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti che per la tolleranza della pianta ai principali patogeni fungini, che ne permette la coltivazione con tecniche a basso impatto ambientale. In particolare le selezioni PA 10 e 260 sono emerse per la buona precocità e adattabilità anche in terreni non trattati, utilizzando piante fresche “cime radicate”, che sono più tolleranti ai patogeni dell'apparato radicale grazie alla “giovinezza” dei tessuti della pianta.

Tab.13 1-Produzione commerciale mensile e totale dei frutti e numero di germogli /pianta									
Trattamento pre-impianto	Accessione	Produzione mensile (g/pianta)							germogli
		dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Tot	
Solarizzazione		12,6 b	33,4 c	74,5 b	147,6 c	90,5 a	28,9 a	387,5 b	1,7 b
Cloropicrina+1,3 dicloropropene		16,7 a	57 a	84,6 a	160,6 a	92,5 a	26,4 b	437,7 a	1,9 a
Controllo		16,2 a	44,9 b	75,4 b	154,7 b	65,4 b	19,8 c	376,5 b	1,7 b
	Candonga	3,3 e	24,2 d	112 a	174,8 a	69,7 b	29,2 a	413,3 c	1,9 b
	Florida Fortuna	31 b	56,7 b	61,2 c	107,5 c	73,7 b	28,5 ab	358,5 d	1,4 d
	Nora	10 c	37,2 c	62,3 c	127,4 b	54,6 c	20,1 c	311,6 e	1,5 d
	PA 260	36,7 a	69,7 a	81,5 b	169,7 a	66,9 b	31 a	455,5 a	1,8 c
	PA 3	4,4 de	54,7 b	75,5 b	169,6 a	114,1 a	25,6 b	444 ab	1,7 c
	PA 10	5,4 d	28 d	76,4 b	177 a	117,7 a	15,8 d	420,3 bc	2,1 a
Interazione Trattamento pre-impianto x Accessione		*	*	*	*	*	*	*	*

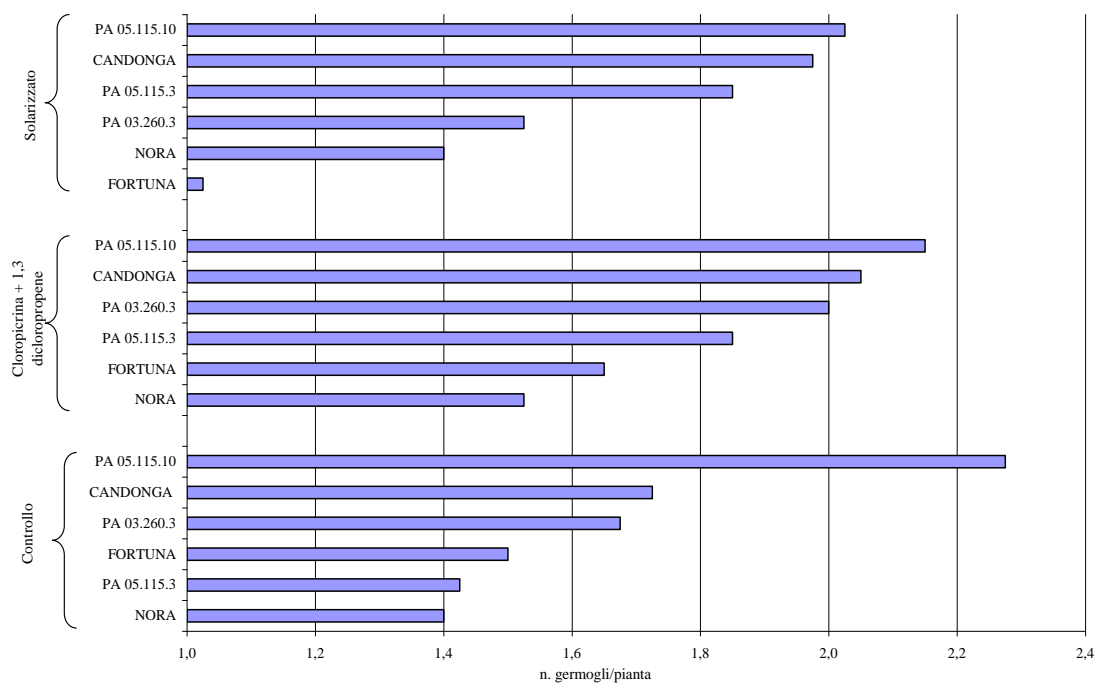
Tab.13 2 - Caratteristiche qualitative dei frutti

Trattamento	Accessione	Peso medio ponderato (g)	Consistenza della polpa (g)	Contenuto in solidi solubili totali (°brix)	Acidità Totale (meq/100 g)
Solarizzazione		20,8 a	834 a	9,6 a	8,8 b
Cloropicrina+1,3 dicloropropene		20,7 a	804,4 b	9,1 b	9 b
Controllo		20,6 a	744,4 c	8,9 b	9,8 a
	Candongia	21,2 a	902,6 a	8,9 c	9,7 c
	Florida Fortuna	21,1 a	817,2 c	8,8 c	7,8 d
	Nora	19,1 c	859 b	10,1 a	10,7 a
	PA 260	21 ab	739,7 d	8,9 c	7,7 d
	PA 3	20,5 b	708,6 e	9,3 b	10,1 b
	PA 10	21,4 a	738,3 d	9,2 b	9,3 c
Interazione Trattamento pre-impianto x Accessione		*	*	*	*

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per  $P \leq 0,05$

\* significatività per  $P \leq 0,05$ .

Fig.13.1-Numero di germogli in funzione del trattamento pre-impianto del terreno e delle accessioni.



## Innovazione varietale per il miglioramento della produzione e qualità della fragola in Sicilia

---

### 14. Introduzione

La fragolicoltura siciliana, estesa per circa 350 ha, è in crescita nell'ultimo biennio (+10% fonte: CSO Ferrara), grazie alle innovazioni della tecnica colturale e del prodotto dovuto all'introduzione di nuove cultivar con migliori caratteristiche qualitative dei frutti (D'Anna *et al.*, 2010). La coltura è dislocata per oltre il 60% nella Sicilia occidentale (Marsala, Petrosino, Campobello di Mazara, Mazara del Vallo) la restante parte si rinviene nel siracusano, nelle pendici dell'Etna e sui Nebrodi.

La fragola è una specie in cui è particolarmente accentuata l'interazione genotipo-ambiente, per questo sono poche le cultivar in grado di esprimere la massima potenzialità produttiva in condizioni ambientali molto diverse. Pertanto la ricerca opera individuando genotipi pienamente adatti alle specifiche aree di coltivazione. In Sicilia vi è quindi la necessità di individuare attraverso il miglioramento genetico nuove varietà che possano valorizzare le elevate potenzialità del territorio siciliano.

Il programma di breeding in Sicilia mira ad ottenere validi genotipi caratterizzati da basso fabbisogno in freddo invernale, adatti ad essere impiegati in fragoleti come piante fresche, con piante di elevata produttività e rusticità, tolleranti e/o resistenti ai principali patogeni radicali, e frutti di grossa pezzatura ed elevate caratteristiche qualitative (consistenza, sapore e aroma).

La corretta scelta varietale, collegata alla migliore tipologia di pianta, rappresenta un presupposto necessario al fine di raggiungere elevati livelli produttivi e qualitativi. Nell'ultimo lustro Candonga® Sabrosa è risultata la cultivar più diffusa, la sua coltivazione nell'ultimo anno ha però subito un ridimensionamento a causa dell'epoca

di raccolta dei frutti che non è molto precoce, e della produzione che non risulta elevata e costante; ciò nonostante rimane la varietà più apprezzata dai consumatori per le eccezionali caratteristiche organolettiche dei frutti (D'Anna *et al.* 2008).

Sono in corso di prova alcune selezioni provenienti dal Progetto breeding nazionale FRUMED sottoprogetto INNOVA (ex Progetto “Frutticoltura” del MiPAAF) che dalle prime osservazioni sono risultate interessanti e pertanto sono state inserite in un programma di tecnica colturale per testare la migliore *performance* produttiva e qualitativa dei frutti di fragola. Nel presente lavoro vengono descritti i parametri produttivi e qualitativi dei frutti di nuove accessioni a confronto con Candonga® Sabrosa cultivar di riferimento per la Sicilia.

#### **14.1. Materiali e Metodo**

La ricerca è stata condotta nell'annata agraria 2010-'11, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (ex DAAT, sezione di Orticoltura e Floricoltura) dell'Università degli Studi di Palermo, sita a Marsala.

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche “cime radicate” di cinque varietà Candonga® Sabrosa, Florida Fortuna, Camarosa, Sabrina e Naiad® Civ135 e due selezioni provenienti dal progetto di breeding nazionale adatte all'areale siciliano, Pa 3; e Pa 260 (D'Anna *et al.*, 2012).

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 campate di 4,5 m x 2,4 m x 30 m, su unterreno proveniente dalla trasformazione delle tipiche “Sciare” siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione sub-alcalina (pH 8,5), con calcare attivo alto (compreso tra 8,0 – 8,8 %), ben dotato di K<sub>2</sub>O scambiabile (660 ppm), di fosforo (68 ppm), di azoto totale (2,0 ‰), con una buona dotazione di sostanza organica dovuta all'apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria alla dose di 100 q/ha. L'impianto è stato effettuato su terreno coltivato nell'ultimo biennio a fragola e sottoposto annualmente a geodisinfestazione con la tecnica della “*drip fumigation*”, con una miscela di cloropicrina +1,3 dicloropropene alla dose di 20 g/m<sup>2</sup> ciascuna, somministrata 30 giorni prima del trapianto. La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (TP) (D'Anna *et al.*, 2005). In estate il terreno è stato lavorato e sistemato in prode alte 40 cm e poi

pacciamato con film di PE nero, sotto il quale è stato posto l'impianto di irrigazione a microportata.

Le piante fresche "cime radicate" sono state messe a dimora il 23 settembre, a file binate, realizzando una densità di 8 piante/m<sup>2</sup>

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, Kg ha<sup>-1</sup> 200 N, 150 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 300 K<sub>2</sub>O e 60 chelato di ferro. La copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre.

Il disegno sperimentale adottato è stato un blocco randomizzato, con unità elementare di 4.6 m<sup>2</sup> ripetute 3 volte.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti scelti a caso, attraverso la formula:

$$PMP = \sum \frac{f \cdot p}{P}$$

Dove: f = peso medio dei frutti rilevato ad ogni raccolta

p = produzione a pianta di ogni raccolta

P = produzione complessiva a pianta  $\sum p$ ;

Su un campione di 10 frutti scelti durante le raccolte di febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati:

- 1) il residuo secco rifrattometrico (°Brix), mediante un rifrattometro digitale;
- 2) la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);
- 3) l'acidità del succo espressa in meq/100 g s.f., utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromo timolo, come indicatore di viraggio della soluzione a (pH 7,8);

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato mensile e generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico (°Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f). Per le accessioni più interessanti (Candongia, Sabrina e Fortuna e Pa 260 e Pa 3) è stato inoltre misurato l'andamento del residuo secco rifrattometrico durante le raccolte dei mesi di gennaio, febbraio, marzo, aprile e maggio.

Come indice di qualità dei frutti, si è calcolato il rapporto fra acidità titolabile e residuo secco rifrattometrico (RSR).

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan.

#### **14.2. Discussione dei risultati**

La raccolta è iniziata la prima settimana di dicembre con la varietà Florida Fortuna e la selezione Pa 260, una settimana dopo ha avuto inizio la produzione di Candonga®Sabrosa, seguita nell'ordine da Naiad®Civ135, e Sabrina. Solo alla fine del mese è iniziato il flusso produttivo di Camarosa e PA 3. La produzione a fine dicembre più elevata è stata totalizzata da Florida Fortuna, 50 g/pianta, valore che si è differenziato da tutte le accessioni in prova. Buona è risultata la produzione della Pa 260 (33 g/pianta; Tab.1). Rese significativamente più basse sono state invece ottenute da Candonga®Sabrosa, Sabrina e Naiad®Civ135 con una media di (9 g/pianta).

Camarosa e PA3 hanno fornito pochissimi frutti a pianta (circa 3 g/pianta).

A Gennaio si è distinta Florida Fortuna (66 g/pianta) seguita dalla selezione PA 260 (47 g/pianta). Camarosa ha realizzato la produzione più bassa (21 g/pianta), mentre le altre accessioni hanno fornito una produzione media di 37 g/pianta. Nel mese di Febbraio si è differenziata la varietà Candonga®Sabrosa con oltre 100 g/pianta seguita dalla due selezioni Pa con una media di 85 g/pianta. Florida Fortuna, Camarosa e Sabrina hanno prodotto 50 g/pianta, mentre Naiad®Civ135 ha realizzato solo 34 g/pianta.

Nel mese di marzo Florida Fortuna si è differenziata ancora una volta da tutte le altre con una produzione di 244 g/pianta, che è risultata il 50% rispetto a quella totale (481g/pianta). Buona è stata da considerarsi anche la produzione di Candonga®Sabrosa con 191 g/pianta, lo stesso dicasi di Sabrina (134 g/pianta) e della selezione PA 3 (101 g/pianta), mentre le rese più basse sono state ottenute da Naiad (61g/p) e PA 260 con (80g/p).

Nel mese di aprile la produzione ha subito un decremento; la resa più elevata è stata realizzata da Pa 260 (83) Candonga®Sabrosa (74), da Camarosa (63) da PA 3 (59g/p) e Sabrina (61), mentre le due accessioni restanti hanno prodotto mediamente 39 g/pianta. Nel mese di maggio la produzione ha continuato a decrescere in tutte le accessioni fino al di sotto dei 50 g /pianta; quelle più produttive sono state l'accessione Pa 260 con (51

g/pianta) e le due selezioni con 44g/pianta mentre le varietà Florida Fortuna e Camarosa hanno prodotto solo 30 g/pianta.

A fine ciclo, le varietà più produttive sono state Florida Fortuna (482), seguita da Candonga®Sabrosa (449). Produzioni comprese fra i 300 e i 400 g sono state riscontrate sia nelle selezioni Pa che in Sabrina. Negativamente si sono invece distinte le varietà Camarosa e Naiad con una produzione totale di 230 g / pianta.

Il peso medio dei frutti, della Sabrina, Florida Fortuna , Candonga®Sabrosa PA 260 sin dalla prima raccolta si è differenziato per una maggiore pezzatura ( > 23 g) mentre Pa 3 ha prodotto frutti più piccoli. Nel mese di febbraio i frutti con minor peso medio sono stati realizzati da Naiad (19) e Pa 260 (22g), mentre per tutte le altre accessioni i frutti sono stati superiori a 23 g. Dal peso medio ponderato generale le varietà con frutti di maggiore pezzatura sono state Florida Fortuna, Candonga®Sabrosa, Camarosa e Sabrina (circa 23 g), mentre Naiad ha fornito frutti piccoli (19 g), le selezioni Pa si sono attestate sui 21g.

Riguardo la consistenza della polpa dei frutti, durante l'intero ciclo produttivo, Camarosa, Candonga®Sabrosa e Sabrina si sono distinte positivamente per aver fornito i frutti di maggiore consistenza media 752 g, mentre sono risultate le meno consistenti Naiad (410) e Florida Fortuna (473); le altre selezioni hanno fornito valori intermedi (650 g).

Il grado °Brix più elevato è stato misurato in Pa 260 (8.9) Candonga ®Sabrosa (8.8) e Sabrina (8,6), mentre minor grado rifrattometrico è stato misurato in Naiad (7.6); valori intorno a 8°Brix sono stati misurati anche per le altre tre accessioni.

La maggiore acidità titolabile è stata misurata in Camarosa e Sabrina con una media di 11.6 seguita da Naiad (10,3) e dalle selezioni Pa e Candonga (8,5), mentre la meno acida è risultata la varietà Fortuna con 7.0.

Rapportando i valori zuccheri e Acidi i frutti con più equilibrati valori sono stati quelli della varietà Candonga, Sabrina e Pa 260.

Dall'andamento del Residuo Secco Rifrattometrico delle migliori accessioni si evince che la varietà Candonga, Sabrina e la selezione Pa 260 sono quelle che mantengono per tutto il ciclo produttivo un valore pressoché costante di °Brix, mentre i frutti di Florida Fortuna sono stati con maggior grado rifrattometrico nei mesi più freddi (gennaio,

febbraio e marzo) in seguito con l'aumentare dell'intensità luminosa e delle temperature si è registrato una notevole riduzione del grado ° Brix.

Pertanto la varietà manifesta un decadimento del gusto a partire dal mese di aprile. Questo dato è correlato anche con i valori di consistenza dei frutti che nei mesi di aprile e maggio scende notevolmente al di sotto dei 400 g. (dati non riportati)

### **14.3. Conclusioni**

La fragolicoltura siciliana si distingue dalla produzione italiana per l'impiego di piante fresche con pane di terra "cime radicate", l'utilizzo di piante neutrodiurne a basso fabbisogno in freddo che permettono un'elevata precocità di maturazione. Lo standard varietale siciliano da oltre un quinquennio è incentrato sull'utilizzo di **Candonga Sabrosa** che, pur non essendo molto precoce e produttiva risulta tra le più coltivate per la migliore qualità dei frutti prodotti rispetto alle altre varietà. In quest'ultimo biennio sono state introdotte in Sicilia due nuove accessioni Sabrina e Florida Fortuna selezionate dal progetto di miglioramento genetico, affianco a queste varietà, sono state individuate due selezioni ottenute nell'ambito del progetto selezionate a Marsala la Pa 3 e la Pa 260

**Florida Fortuna** varietà selezionata in Florida con condizioni climatiche affini alla Sicilia, ha trovato nel Marsalese (TP) interesse notevole soprattutto per la precocità di maturazione, associata alla produzione e alla pezzatura dei frutti, la varietà esprime le migliori performance con impianto precoce autunnale come cima radicata, che permette di ottenere nel periodo invernale – inizio primavera rispetto a Candonga una produzione nettamente superiore; tuttavia la varietà manifesta poca resistenza agli agenti biotici e abiotici che possono compromettere la sopravvivenza delle piante e soprattutto la qualità dei frutti. Con l'innalzamento delle temperature primaverili in ambiente protetto i frutti di questa varietà perdono di consistenza e grado Brix°.

**Sabrina** varietà di media precocità (pari a quella di Candonga) e produzione si è distinta soprattutto per forma, per consistenza e per elevato grado Brix dei frutti, che si mantiene per tutto il periodo della raccolta. Risulta mediamente suscettibile all'oidio.

La **Pa 260** come selezione ha un'elevata precocità e un medio livello produttivo. La pianta è mediamente rustica con frutti di sapore molto elevato con un grado rifrattometrico che per tutto il periodo produttivo è stata molto vicina ai 9 ° Brix. La dolcezza dei frutti è abbinata ad una discreta consistenza della polpa.



La selezione **Pa 3** è più tardiva di **Pa 260**, ha una pianta rustica, frutti di forma allungata, di colore aranciato molto brillante, abbastanza consistenti, dolci e con equilibrato rapporto zuccheri/acidi. La produzione non è risultata molto soddisfacente.

**Tab.14 1–Produzione commerciale mensile e totale delle 7 accessioni varietali**

Accessione	Produzione commerciale (g/ pianta)											
	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	Totale					
Camarosa	3,4	<i>d</i>	21,3	<i>d</i>	50,5	<i>c</i>	100,6	<i>d</i>	63,4	<i>c</i>	29,9	<i>c</i> 269,0 <i>E</i>
Florida Fortuna	50,0	<i>a</i>	66,5	<i>a</i>	49,9	<i>c</i>	243,7	<i>a</i>	40,9	<i>e</i>	30,8	<i>c</i> 481,8 <i>A</i>
Naiad@Civ135	9,4	<i>c</i>	37,3	<i>c</i>	34,1	<i>d</i>	61,6	<i>e</i>	37,4	<i>e</i>	45,2	<i>ab</i> 221,9 <i>F</i>
Sabrina	9,5	<i>c</i>	38,7	<i>c</i>	51,4	<i>c</i>	134,3	<i>c</i>	50,7	<i>d</i>	42,8	<i>ab</i> 327,4 <i>D</i>
Candonga@S	9,2	<i>c</i>	33,6	<i>c</i>	100,7	<i>a</i>	191,0	<i>b</i>	74,1	<i>b</i>	40,6	<i>b</i> 449,3 <i>B</i>
Sel. PA 260	32,8	<i>b</i>	46,9	<i>b</i>	84,1	<i>b</i>	80,9	<i>e</i>	82,8	<i>a</i>	51,5	<i>a</i> 368,0 <i>C</i>
Sel. PA 3	2,8	<i>d</i>	39,8	<i>c</i>	86,4	<i>b</i>	101,1	<i>d</i>	58,5	<i>c</i>	44,3	<i>ab</i> 331,1 <i>D</i>

**Tab.14.2–Peso medio ponderato mensile e totale dei frutti delle 7 accessioni varietali**

Accessione	Peso medio ponderato mensile (g)											
	dicembre	gennaio	febbraio	marzo	aprile	Generale						
Camarosa	21,6	<i>ab</i>	24,2	<i>a</i>	23,2	<i>a</i>	22,1	<i>b</i>	21,6	<i>ab</i>	22,5	<i>ab</i>
Fortuna	24,4	<i>a</i>	22,4	<i>b</i>	24,2	<i>a</i>	23,6	<i>a</i>	22,6	<i>a</i>	23,4	<i>a</i>
Naiad@Civ135	18,0	<i>d</i>	19,0	<i>c</i>	18,9	<i>c</i>	19,3	<i>d</i>	19,7	<i>c</i>	19,0	<i>c</i>
Sabrina	25,0	<i>a</i>	22,6	<i>b</i>	23,0	<i>a</i>	23,0	<i>a</i>	21,9	<i>ab</i>	23,1	<i>a</i>
Candonga@Sabrosa	23,7	<i>a</i>	23,2	<i>a</i>	23,9	<i>a</i>	22,7	<i>b</i>	21,8	<i>b</i>	23,1	<i>a</i>
Sel. PA 260	22,0	<i>ab</i>	22,0	<i>b</i>	21,1	<i>b</i>	21,0	<i>c</i>	21,0	<i>b</i>	21,4	<i>b</i>
Sel. PA 3	20,0	<i>c</i>	21,8	<i>b</i>	23,3	<i>a</i>	22,4	<i>b</i>	22,0	<i>ab</i>	21,9	<i>b</i>

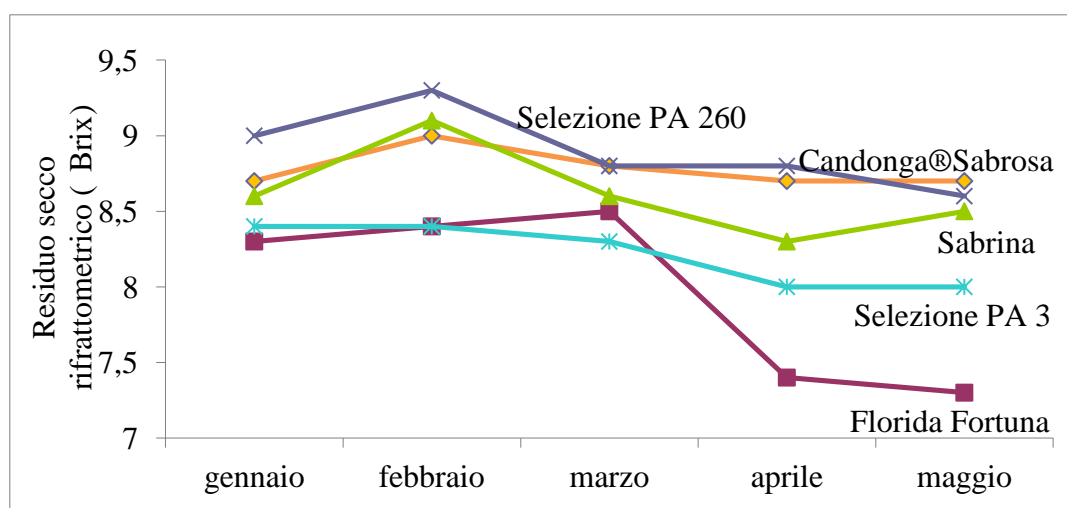
I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per  $P \leq 0,05$

**Tab.14.3–Caratteristiche qualitative dei frutti delle 7 accessioni varietali**

Accessione	Consistenza, g		residuo secco rifrattometrico, °brix		Acidità titolabile, meq/100g		Rapporto zuccheri/acidi	
Camarosa	758,3	<i>a</i>	8,1	<i>c</i>	11,8	<i>a</i>	0,7	<i>b</i>
Florida Fortuna	473,3	<i>c</i>	8,3	<i>c</i>	7,0	<i>d</i>	1,2	<i>a</i>
Naiad@Civl35	410,0	<i>d</i>	8,2	<i>c</i>	10,3	<i>b</i>	0,8	<i>b</i>
Sabrina	749,7	<i>a</i>	8,5	<i>ab</i>	11,5	<i>a</i>	0,7	<i>b</i>
Candong S	751,7	<i>a</i>	8,8	<i>b</i>	9,0	<i>c</i>	1,0	<i>a</i>
Sel. PA 260	656,7	<i>b</i>	8,9	<i>a</i>	8,2	<i>c</i>	1,1	<i>a</i>
Sel. PA 3	641,3	<i>b</i>	8,6	<i>ab</i>	8,3	<i>c</i>	1,0	<i>a</i>

I valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per  $P \leq 0,05$

**Fig.14.1-Andamento mensile del valore del residuo secco rifrattometrico delle 4 accessioni varietali a confronto con Candonga®Sabrosa**



## Ricerche su nuove varietà di fragola: Influenza delle tipologie di piante

---

### 15. Introduzione

Lo standard varietale della fragolicoltura italiana è sempre più differenziato nelle diverse aree di produzione. In Sicilia è ormai pienamente affermata Florida Fortuna, particolarmente apprezzata per la notevole precocità di maturazione, dovuta al bassissimo fabbisogno in freddo invernale e accentuata dall'ormai pressoché generalizzato impiego di piante fresche “cime radicate”.

Le varietà maggiormente coltivate sono quelle provenienti dal breeding spagnolo (Candonga®Sabrosa, Sabrina), californiano (Camarosa), italiano (Kamila, Nabila, Rania e Naiad®Civl35) e Florida Fortuna ottenuta in Florida. Attraverso il progetto “Liste Varietali Fruttiferi - Fragola” finanziato dal MiPAAF, vengono annualmente valutate in Sicilia numerose accessioni provenienti dal breeding mondiale.

Il Progetto redige annualmente una lista di varietà più consigliate per ciascun areale di produzione: aree meridionali (Sicilia, Basilicata, Campania, Calabria), settentrionali (Verona, Cesena) e di alta montagna (Val del Martello, Trento, Cuneo).

La Lista 2013 per gli ambienti meridionali ed in particolare per la Sicilia è composta dalle cultivar: Camarosa, Candonga®Sabrosa, Coral®Rociera, Naiad®Civl35, Nabila, Ventana, Florida Fortuna, Pircinque, Rania, Sabrina, Kamila e Kilo. (G. Baruzzi, P. Lucchi, C. Prinzivalli, M. Funaro, P. Sbrighi, W. Faedi, 2013).

Sono varietà che hanno dimostrato un buon adattamento all'areale siciliano per produttività, precocità di maturazione dei frutti e buone caratteristiche qualitative ed organolettiche.

Nel lavoro si descrivono le performance produttive e qualitative dei frutti delle nuove varietà a confronto con quelle delle varietà standard di riferimento in Lista, coltivate

utilizzando due diverse tipologie di piante: “fresche a radice nuda” e con pane di terra “cime radicate”.

### **15.1. Materiali e Metodo**

Lo studio varietale è stato condotto in ambiente protetto, presso i campi sperimentali di Marsala (TP). Nel 2011'-12 sono state provate complessivamente 26 accessioni, di cui 14 in avanzata fase di studio e 9 in prova per il secondo anno e 3 selezioni in fase avanzata di studio PIR 2, CE51 e CE 56 (Tab 1). Il Progetto “Liste varietali” ha previsto la valutazione di nuove varietà, provenienti da diversi programmi di miglioramento genetico internazionali, utilizzando due tipologie di piante: a) piante fresche con pane di terra “cime radicate”; b) piante fresche “a radice nuda”.

Le nuove accessioni osservate sono state messe a confronto con le varietà presenti nella Lista 2011 e 2012 per l'areale meridionale: Camarosa, Candonga@Sabrosa, Naiad@Civl35, Nora e Tudla@Milsei.

Si è operato su terra rossa mediterranea, di media fertilità a tessitura franco sabbiosa, a reazione subalcalina (pH 8,4), con calcare attivo alto (compreso tra 8,0-8,8%), ricco disostanza organica (2,7%), ben dotato di potassio scambiabile (660 ppm), di fosforo (67ppm) e di azoto totale (1,8 ‰). La zona è caratterizzata da una ricca falda freatica a 40 - 80 m di profondità, con assenza di cloruro di sodio.

Il terreno prima dell'impianto è stato preparato con una aratura a 30 cm per interrare la sostanza organica, a base di vinaccia esausta da distilleria e letame in quantità complessiva di 100 t ha<sup>-1</sup>, e ripetute lavorazioni superficiali per coprire i concimi chimici e preparare un buon letto d'impianto e successivamente è stata effettuata la concimazione minerale con Kg ha<sup>-1</sup>: 50 N; 150 di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 150 di K<sub>2</sub>O e 600 di zolfo.

La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D'Anna *et al.*, 2005). Il terreno è stato baulato e sistemato in prode alte 40 cm e solarizzato, a partire da luglio e per tutto il mese di agosto, con film plastico verde 0,07 mm di spessore, che è stato mantenuto anche durante la coltivazione come film pacciamante. L'irrigazione è stata praticata con manichetta forata posta sotto il film di PE pacciamante. Per la forzatura sono stati utilizzati tunnel multipli con 10 campate di 4,5 m x 2,4 m x 30 m. Entrambe le tipologie di tunnel sono realizzati con archi metallici zincati e la copertura con PE è stata eseguita nella seconda decade di novembre sia per le “cime radicate” che “radice nuda”.

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono state praticate le normali cure colturali e apportati, tramite fertirrigazione con concimi idrosolubili: Kg ha<sup>-1</sup> 200 N, 70 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 140 K<sub>2</sub>O e 60 chelato di ferro. Alla coltura sono stati somministrati in totale Kg ha<sup>-1</sup>: 250 N; 220 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 290 K<sub>2</sub>O, 80 chelato di ferro e 600 di zolfo.

L'impianto è stato effettuato su bine distanti 100 cm, 40 cm tra le file della bina e 22 cm sulla fila utilizzando piante fresche (9,0 piante/m<sup>2</sup>).

Il trapianto è stato effettuato per le piante frigoconservate nella prima decade di settembre 2011 così come dal 9/09 al 26/09/2011 per le piante fresche “cime radicate” e dal 7 al 20/10/2011 per quelle “a radice nuda”.

Coerentemente al programma di ricerca, sono state valutate tutte le varietà e selezioni in avanzata fase di studio, secondo uno schema concordato dal gruppo fragola. Il numero di piante per ciascuna varietà e per tipo di pianta è stato variabile da 10 a 100. L'attecchimento è risultato soddisfacente e pari mediamente al 95%. Durante il ciclo biologico della coltura sono state effettuate tutte le osservazioni degli anni precedenti e riportate nella scheda pomologica di ciascuna varietà.

La densità di piantagione adottata è stata variabile, secondo le diverse tipologie di piante, rispettivamente, di 80.000 e 90.000 piante/ha. La diversa densità utilizzata per i due tipi di piante è giustificata dal noto maggiore sviluppo vegetativo delle piante fresche “cime radicate” rispetto a quelle a radice nuda.

E' stato adottato uno schema sperimentale a blocco randomizzato con unità elementare di 15 m<sup>2</sup> ripetuta 4 volte.

In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati rilevati: la produzione commerciale (frutti integri con diametro > 22 mm), il peso medio ponderato di 20 frutti scelti a caso, attraverso la formula:

$$PMP = \sum \frac{f \cdot p}{P}$$

Dove: f = peso medio dei frutti rilevato ad ogni raccolta

p = produzione a pianta di ogni raccolta

P = produzione complessiva a pianta ( $\sum p$ )

Su un campione di 10 frutti scelti durante le raccolte effettuate in marzo ed aprile è stato rilevato il residuo secco rifrattometrico (°Brix) mediante un rifrattometro digitale e la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6mm di diametro), la caratterizzazione del colore della superficie del frutto su due punti diametralmente opposti, mediante colorimetro automatico a riflettenza (Minolta mod. Chromater Reflectance II) che rileva la tonalità rossa ( $a^*$ ), gialla ( $b^*$ ) e la brillantezza ( $L^*$ ), si è poi calcolato l'indice Chroma secondo la formula:  $[(a^2+b^2)]^{1/2}$ ; l'acidità del succo espressa in meq/100 g s.f., utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8) ed il contenuto in acido ascorbico (vit. C) espresso in mg/100 g s.f. con strumento digitale *Rqflex* che ne permette la determinazione quantitativa con cartine colorimetriche, sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza. Si è calcolato, come indice di qualità dei frutti, il rapporto fra acidità titolabile e RSR.

I dati sperimentali sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale raccolta mensilmente e complessiva a pianta, il peso medio ponderato calcolato mensilmente e complessivo; il valore medio del residuo secco rifrattometrico e della consistenza della polpa, dell'acidità titolabile, della vitamina C, della brillantezza ( $L$ ) e della tonalità del colore (Indice Chroma).

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza (test di Duncan).

**Tab.15.1–Marsala 2011-‘12–Elenco delle varietà in funzione della tipologia di  
pianta**

Varietà	Piante fresche	
	"cime radicate"	"a radice nuda"
Albion	X	X
Amiga	X	X
Antilla	X	X
Benicia (CN 225)	X	X
Camarosa	X	X
Candonga	X	X
CE 51	X	X
CE 56	X	X
Coral	X	X
Cristal	X	
Florida Fortuna	X	X
Kamila	X	X
Millewa	X	
Mojave (CN 227)	X	X
Nabila	X	X
Naiad	X	
Nora	X	X
Pircinque	X	X
Pir 2	X	X
Portola	X	X
Primoris	X	X
Rania	X	X
Sabrina	X	X
San Andreas	X	X
Splendor	X	X
Ventana	X	

## 15.2. Discussione dei risultati ottenuti

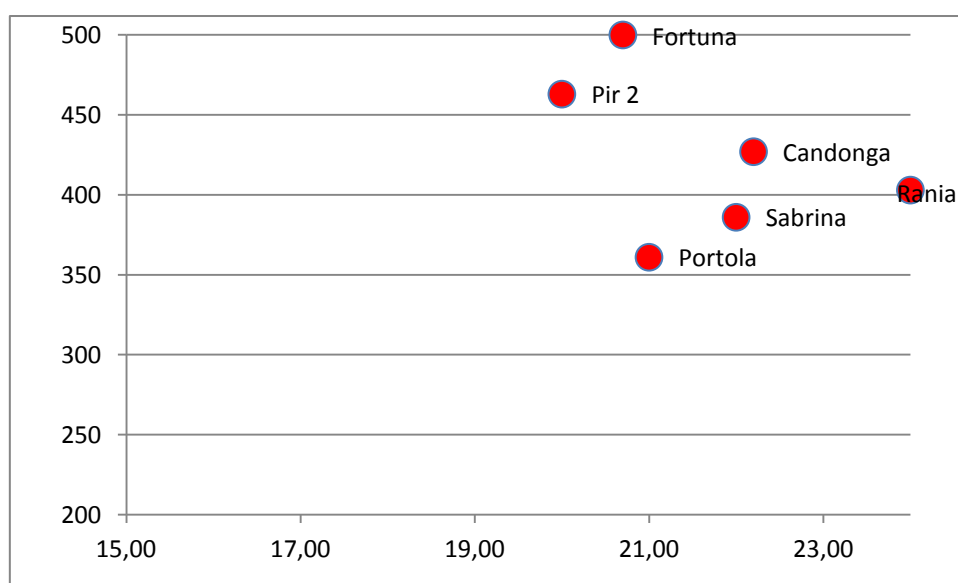
Si riportano i risultati delle sole nuove varietà che hanno estrinsecato il maggior interesse in questa area.

### Piante fresche “cime radicate”(Tab.15.2A e 15.2B)

La raccolta delle piante fresche “cime radicate” è iniziata la prima settimana di novembre (2 novembre) con la cv. Florida Fortuna, seguita da Cristal (18/11), Nora e Sabrina (24/11) e Nabila (30/11) le altre sono entrate in produzione tra inizio dicembre e inizio gennaio. La produzione si è conclusa a metà maggio per tutte le varietà. (vedi tab. 2A).

Le varietà che hanno fornito i valori di produzione commerciale media mantenendo una buona pezzatura dei frutti sono state Florida Fortuna, PIR 2, Candonga Sabrosa, Rania, Portola e Sabrina. Tutte le altre hanno realizzato valori di produzione commerciale media e pezzatura più bassi.

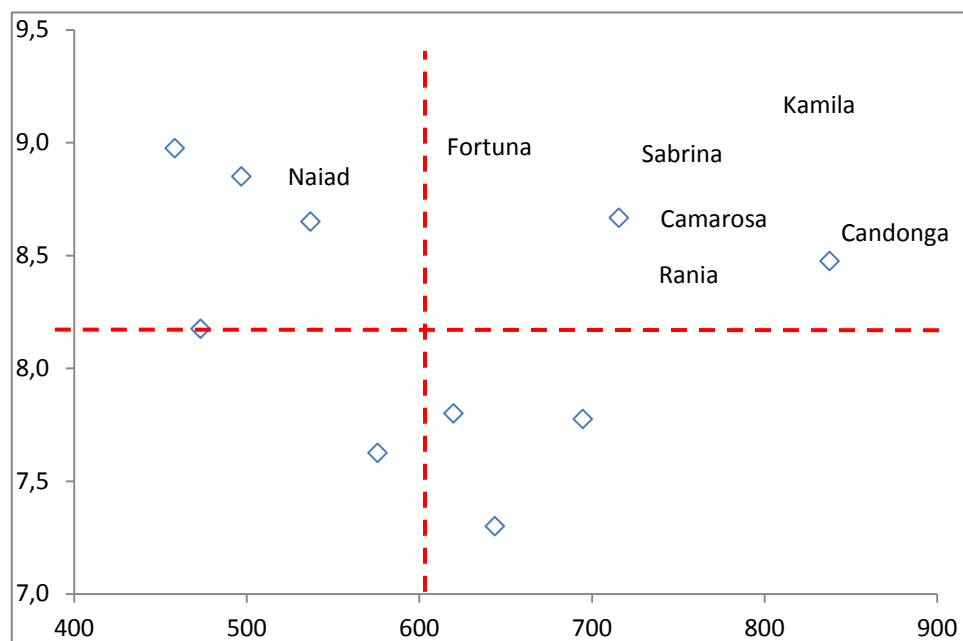
**Graf.Tab.15.2A Peso medio ponderato del frutto (g) e Produzione commerciale, (g/p)**



Dall’analisi dei frutti, i più equilibrati per dolcezza e consistenza oltre a quelli delle varietà in Lista per la Sicilia 2013 (Candonga®Sabrosa, Naiad®Civl35, Florida Fortuna e Sabrina,) sono stati quelli di Kamila, Camarosa, Rania e Primoris.



**Graf.Tab.15.2A Consistenza della polpa (g) e Residuo secco rifrattometrico (°Brix)**



A causa delle elevate temperature che si sono verificate nel mese di aprile, la produzione si è conclusa il 30 aprile per le due tipologie di pianta di tutte le varietà.

Nella tabella 15.2A sono riportati i risultati vegeto-produttivi e qualitativi dell'ultimo biennio delle varietà in prova osservate come piante fresche “cime radicate” e nella 15.2B quelli delle varietà osservate per il primo anno come “cime radicate”;

Nella tabella 15.3A sono riportati i risultati vegeto-produttivi e qualitativi dell'ultimo biennio delle varietà in prova osservate come piante fresche “a radice nuda” e nella 15.3B quelli delle varietà osservate per il primo anno come piante fresche “a radice nuda”.

Cultivar	Anno	Data di inizio raccolta	Produzione commerciale, g/pianta	Peso medio ponderato del frutto, g	dic	gen	feb	mar	apr	mag	Consistenza della polpa al penetrometro, g	Residuo secco rifrattometrico, °Brix	Acidità titolabile, meq/100g
CAMAROSA	2012	12-dic	497	21,1	30	81	59	159	168	-	744	9,1	10,6
CAMAROSA	2011	14-dic	285	20,9	-	38	57	93	58	39	762	8,1	11,8
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>13-dic</i>	<i>391</i>	<i>21,0</i>	<i>30</i>	<i>59</i>	<i>58</i>	<i>126</i>	<i>113</i>	<i>39</i>	<i>737</i>	<i>8,9</i>	<i>11,2</i>
CANDONGA	2012	13-dic	489	23,0	6	34	83	214	196	-	879	8,7	10,2
CANDONGA	2011	28-dic	365	21,3	-	29	90	147	81	19	817	9,5	11,6
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>20-dic</i>	<i>427</i>	<i>22,2</i>	<i>6</i>	<i>32</i>	<i>83</i>	<i>180</i>	<i>139</i>	<i>19</i>	<i>890</i>	<i>9,0</i>	<i>10,7</i>
CRISTAL	2012	18-nov	389	19,0	42	28	38	122	159	-	823	9,2	9,8
CRISTAL	2011	14-dic	289	19,6	-	86	56	98	40	26	620	7,3	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>01-dic</i>	<i>339</i>	<i>19,3</i>	<i>42</i>	<i>57</i>	<i>38</i>	<i>110</i>	<i>100</i>	<i>26</i>	<i>722</i>	<i>8,3</i>	<i>9,8</i>
FLORIDA FORTUNA	2012	02-nov	713	21,4	123	132	70	167	221	-	655	9,6	7,4
FLORIDA FORTUNA	2011	06-dic	287	20	-	88	76	65	56	23	560	9,0	9,3
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>19-nov</i>	<i>500</i>	<i>20,7</i>	<i>123</i>	<i>110</i>	<i>73</i>	<i>116</i>	<i>139</i>	<i>23</i>	<i>608</i>	<i>9,3</i>	<i>8,3</i>
KAMILA	2012	18-dic	376	22,6	13	37	36	116	174	-	810	9,2	11,4
KAMILA	2011	02-gen	194	19,5	-	29	28	78	27	31	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>25-dic</i>	<i>285</i>	<i>21,1</i>	<i>13</i>	<i>37</i>	<i>32</i>	<i>97</i>	<i>101</i>	<i>31</i>	<i>810</i>	<i>9,2</i>	<i>11,4</i>
NABILA	2012	30-nov	652	21,9	11	108	94	175	264	-	641	8,5	10,3
NABILA	2011	02-gen	230	21,1	-	41	37	79	40	34	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>16-dic</i>	<i>441</i>	<i>21,5</i>	<i>11</i>	<i>74</i>	<i>65</i>	<i>127</i>	<i>152</i>	<i>34</i>	<i>628</i>	<i>9,0</i>	<i>-</i>
NAIAD	2012	21-dic	423	18,5	12	77	64	97	173	-	541	9,7	11,2
NAIAD	2011	14-dic	226	19,5	-	47	34	63	37	45	410	8,2	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>17-dic</i>	<i>325</i>	<i>19,0</i>	<i>12</i>	<i>62</i>	<i>64</i>	<i>80</i>	<i>105</i>	<i>45</i>	<i>476</i>	<i>9,0</i>	<i>11,2</i>
NORA	2012	12-dic	426	20,5	13	49	62	136	166	-	880	9,8	-
NORA	2011	06-dic	273	19,3	-	27	32	129	73	13	632	8,9	9,1
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>09-dic</i>	<i>350</i>	<i>19,9</i>	<i>13</i>	<i>38</i>	<i>62</i>	<i>132</i>	<i>119</i>	<i>13</i>	<i>756</i>	<i>9,3</i>	<i>9,1</i>
PIRCINQUE	2012	12-dic	502	20,9	20	53	62	179	188	-	722	9,7	11,9
PIRCINQUE	2011	21-dic	234	19,8	-	36	29	126	30	15	720	8,7	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>16-dic</i>	<i>368</i>	<i>20,4</i>	<i>20</i>	<i>44</i>	<i>45</i>	<i>152</i>	<i>109</i>	<i>15</i>	<i>721</i>	<i>9,2</i>	<i>11,9</i>
PIR 2	2012	21-dic	564	22,0	3	100	95	199	167	-	720	9,7	9,9
PIR 2	2011	28-dic	361	18	-	56	40	155	71	40	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>24-dic</i>	<i>463</i>	<i>20,0</i>	<i>3</i>	<i>78</i>	<i>68</i>	<i>177</i>	<i>119</i>	<i>40</i>	<i>720</i>	<i>9,7</i>	<i>9,9</i>
PORTOLA (RIF)	2012	12-dic	377	22,0	15	58	49	94	161	-	757	9,0	11,4
PORTOLA (RIF)	2011	14-dic	243	19,4	-	43	16	92	50	42	480	8,2	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>16-dic</i>	<i>361</i>	<i>20,7</i>	<i>15,0</i>	<i>50,7</i>	<i>32,3</i>	<i>93,0</i>	<i>105,5</i>	<i>42,0</i>	<i>618,5</i>	<i>8,6</i>	<i>11,4</i>
PRIMORIS	2012	16-dic	407	21,3	7	32	44	167	157	-	771	7,8	11,4
PRIMORIS	2011	09-gen	213	19,2	-	10	37	98	50	18	580	8,5	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>28-dic</i>	<i>310</i>	<i>20,3</i>	<i>7</i>	<i>32</i>	<i>41</i>	<i>133</i>	<i>104</i>	<i>18</i>	<i>676</i>	<i>8,2</i>	<i>-</i>
RANIA	2012	03-gen	556	25,8	-	61	69	214	212	-	712	7,6	11,0
RANIA	2011	02-gen	250	21,5	-	21	71	105	36	18	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>02-gen</i>	<i>403</i>	<i>23,7</i>	<i>-</i>	<i>41</i>	<i>70</i>	<i>159</i>	<i>124</i>	<i>18</i>	<i>755</i>	<i>8,1</i>	<i>9,1</i>
SAN ANDREAS (RIF)	2012	21-dic	559	23,4	21	133	100	129	176	-	743	9,1	11,0
SAN ANDREAS (RIF)	2011	21-dic	111	18,8	-	26	36	29	19	-	570	6,5	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>21-dic</i>	<i>335</i>	<i>21,1</i>	<i>21</i>	<i>80</i>	<i>100</i>	<i>79</i>	<i>98</i>	<i>-</i>	<i>657</i>	<i>7,8</i>	<i>11,0</i>
SABRINA	2012	24-nov	448	22,4	35	68	57	135	153	-	743	10,0	10,2
SABRINA	2011	14-dic	324	21,1	-	47	52	133	50	43	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>04-dic</i>	<i>386</i>	<i>21,8</i>	<i>35</i>	<i>57</i>	<i>54</i>	<i>134</i>	<i>102</i>	<i>43</i>	<i>743</i>	<i>10,0</i>	<i>10,2</i>
VENTANA	2012	12-dic	487	23,1	54	88	58	131	156	-	570	7,4	11,1
VENTANA	2011	14-dic	175	19,1	-	44	14	70	36	12	550	8,0	7,0
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>13-dic</i>	<i>331</i>	<i>21,1</i>	<i>54</i>	<i>66</i>	<i>58</i>	<i>101</i>	<i>96</i>	<i>12</i>	<i>560</i>	<i>7,7</i>	<i>9,0</i>

**Tab.15.2A–Piante fresche “cime radicate” - Raffronto dei dati produttivi e qualitativi delle varietà valutate nel 2011 e 2012 e media del biennio.**

**Tab 15.2B–Piante fresche “cime radicate” - Dati produttivi delle varietà in prova per il primo anno 2011-'12**

Cultivar	Data di inizio raccolta	Produzione commerciale, g/pianta	Peso medio ponderato del frutto, g	dic	gen	feb	mar	apr	Consistenza della polpa al penetrometro, g	Residuo secco rifrattometrico, °Brix	Acidità titolabile, meq/100g
ALBION (Rif)	16-Dec	300	26,4	20	60	45	91	84	838	8,1	9,6
AMIGA	28-Dec	537	21,0	20	64	38	199	216	845	7,6	9,0
ANTILLA	28-Dec	322	27,9	13	75	57	131	46	734	8,2	9,5
BENICIA	12-Dec	495	22,5	42	99	73	122	159	618	8,3	11,2
CORAL	21-Dec	527	23,2	15	80	34	177	221	645	9,5	11,2
MILLEWA	28-Dec	546	24,0	6	108	117	134	181	623	9,4	11,7
MOJAVE	16-Dec	594	27,0	37	109	79	160	209	542	9,1	10,8
SPLENDOR	16-Dec	567	24,0	2	57	66	210	232	524	8,1	9,6

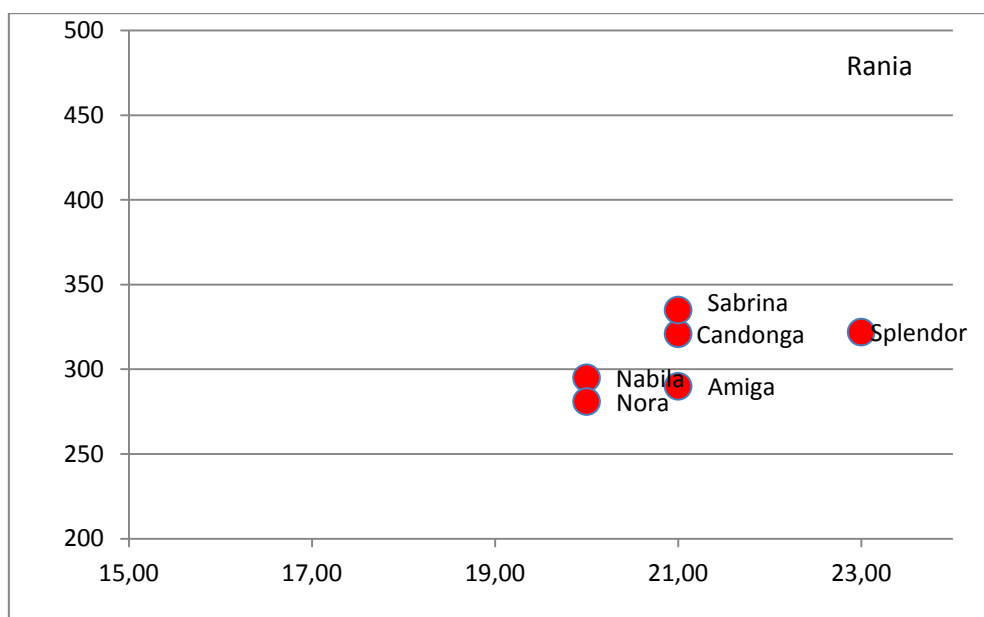
Tra le varietà osservate per la prima volta nel 2012 (tab.15.2B) si sono distinte positivamente per la produzione commerciale g/pianta e peso medio del frutto: Mojave, Millewa, Amiga, Coral e Splendor. Riguardo invece alla consistenza del frutto ed ad un equilibrato rapporto zuccheri/acidi le migliori varietà sono state Amiga, Albion e Antilla. Le altre hanno mostrato una bassa consistenza della polpa.

#### **Piante fresche “radice nuda” (Tab.15.3A e 15.3B)**

Le piante fresche “a radice nuda” sono entrate in produzione nel mese di dicembre e gennaio, le più precoci sono state Florida Fortuna (12/12), Candonga Sabrosa (16/12), CE 51, Camarosa e Splendor (28/12) mentre Nora e PIR 2 hanno iniziato a produrre solo il 20 febbraio e Antilla il 1 marzo. L’ ultima raccolta si è conclusa a metà maggio per tutte le varietà. (vedi tab.15.3A).

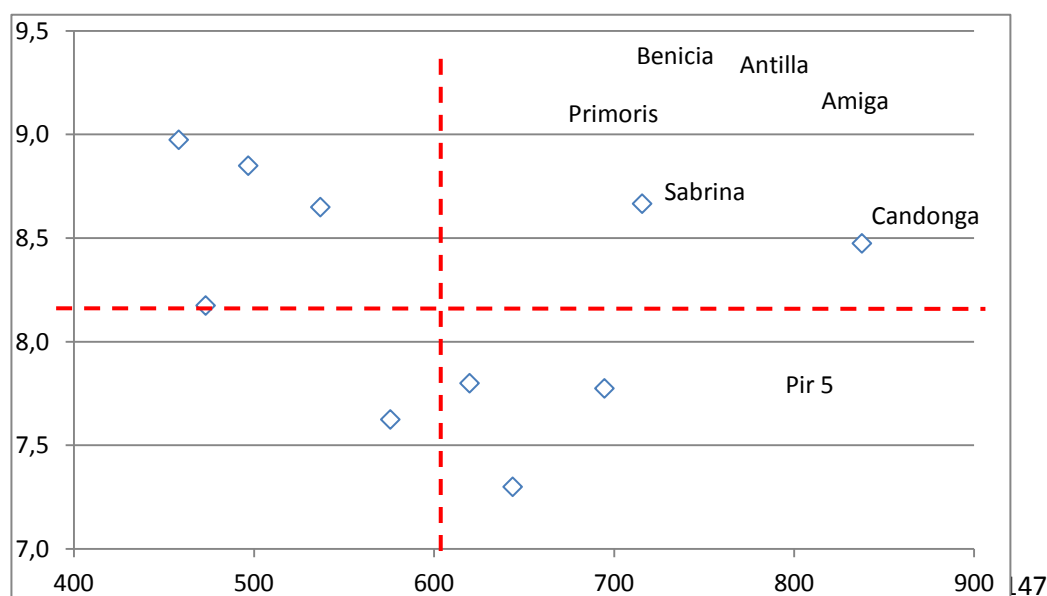
La produzione commerciale media è risultata soddisfacente realizzando anche una buona pezzatura dei frutti per le varietà Amiga, Candonga Sabrosa, Rania, Nabila, Nora, Sabrina e Splendor, rispetto a tutte le altre varietà in studio che hanno realizzato valori inferiori sia di produzione commerciale media che di peso medio ponderato dei frutti.

**Graf.Tab.15.3A Peso medio ponderato del frutto (g) e Produzione commerciale, (g/p)**



I frutti più equilibrati per dolcezza e consistenza sono stati quelli prodotti dalle varietà: Amiga, Antilla, Benicia, Candonga, PIR 5, Primoris e Sabrina. Le altre accessioni in studio hanno mostrato frutti meno consistenti. La varietà in prova in questo biennio coltivata come “radice nuda” che si è distinta è stata Rania sia come produzione commerciale (486 g/pianta), che come dimensione dei frutti. Per le caratteristiche organolettiche i migliori frutti invece sono stati prodotti da Amiga (847 g - 9) e Antilla (800 g - 9).

**Graf.Tab.15.3A Consistenza della polpa (g) e Residuo secco rifrattometrico (°Brix)**



Cultivar	anno	Data di inizio raccolta	Produzione commerciale, g/pianta	Peso medio ponderato del frutto, g	gen	feb	mar	apr	mag	Consistenza della polpa al penetrometro, g	Residuo secco rifrattometrico, °Brix	Acidità titolabile, meq/100g
ALBION (Rif)	2012	9-gen	361	21,7	30	47	206	78	-	848	9,4	9,6
ALBION (Rif)	2011	09-gen	129	20	4	15	52	39	28	400	8,3	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>09-gen</i>	<i>245,0</i>	<i>20,9</i>	<i>17</i>	<i>31</i>	<i>129</i>	<i>59</i>	<i>28</i>	<i>624,0</i>	<i>8,9</i>	<i>9,6</i>
AMIGA	2012	23-gen	368	22,9	28	67	196	77	-	893	9,2	9,2
AMIGA	2011	23-feb	213	19,2	0	20	67	107	130	800	8,5	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>23-feb</i>	<i>290</i>	<i>21</i>	<i>14</i>	<i>44</i>	<i>132</i>	<i>92</i>	<i>130</i>	<i>847</i>	<i>9</i>	<i>9,2</i>
ANTILLA	2012	1-mar	265	21	0	0	173	92	-	800	9	10,0
ANTILLA	2011	24-mar	51	20,6	0	0	6	25	24	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>24-mar</i>	<i>158</i>	<i>21</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>89</i>	<i>58</i>	<i>24</i>	<i>800</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
BENICIA	2012	09-gen	293	21,3	29	50	114	100	-	766	10,9	12,3
BENICIA	2011	14-feb	85	21,1	0	23	17	23	20	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>27-gen</i>	<i>189</i>	<i>21</i>	<i>15</i>	<i>37</i>	<i>66</i>	<i>62</i>	<i>20</i>	<i>766</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
CAMAROSA	2012	23-gen	280	19,1	25	28	115	112	-	618	9,8	13,4
CAMAROSA	2011	30-gen	211	20,5	3	32	67	62	48	410	7,2	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>27-gen</i>	<i>246</i>	<i>20</i>	<i>14</i>	<i>30</i>	<i>91</i>	<i>87</i>	<i>48</i>	<i>514</i>	<i>8,5</i>	<i>13,4</i>
CANDONGA	2012	9-gen	341	22,9	16	39	165	121	-	713	7,9	9,2
CANDONGA	2011	07-feb	301	20	0	62	141	67	32	890	9,2	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>07-feb</i>	<i>321</i>	<i>21</i>	<i>8</i>	<i>51</i>	<i>153</i>	<i>94</i>	<i>32</i>	<i>802</i>	<i>8,6</i>	<i>9,2</i>
MOJAVE	2012	09-gen	351	16	21	131	183	-	-	593	10	9,6
MOJAVE	2011	30-gen	130	21,8	6	46	34	5	40	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>20-gen</i>	<i>241</i>	<i>19</i>	<i>13</i>	<i>88</i>	<i>108</i>	<i>5</i>	<i>40</i>	<i>593</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
NABILA	2012	20-feb	204	20	0	8	97	99	-	680	8	10,2
NABILA	2011	30-gen	386	-	15	80	100	89	102	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>30-gen</i>	<i>295</i>	<i>20,0</i>	<i>8</i>	<i>44</i>	<i>99</i>	<i>94</i>	<i>102</i>	<i>680,0</i>	<i>8,0</i>	<i>10,2</i>
NORA	2012	20-gen	195	20,2	0	6	103	86	-	574	8,9	9,9
NORA	2011	07-feb	366	19	0	84	126	110	46	470	9,8	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>07-feb</i>	<i>281</i>	<i>20</i>	<i>0</i>	<i>45</i>	<i>115</i>	<i>98</i>	<i>46</i>	<i>522</i>	<i>9,4</i>	<i>9,9</i>
PIRCINQUE	2012	23-gen	204	21,2	9	8	120	67	-	866	9,8	10,7
PIRCINQUE	2011	30-gen	282	21,9	2	47	97	72	65	770	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>30-gen</i>	<i>243</i>	<i>22</i>	<i>6</i>	<i>27</i>	<i>108</i>	<i>69</i>	<i>65</i>	<i>818</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
PRIMORIS	2012	21-gen	317	22,3	12	31	152	122	-	760	9,8	9,8
PRIMORIS	2011	30-gen	141	19	3	9	40	48	40	-	-	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>30-gen</i>	<i>229</i>	<i>21</i>	<i>8</i>	<i>20</i>	<i>96</i>	<i>85</i>	<i>40</i>	<i>760</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
RANIA	2012	31-gen	352	26,9	5	12	164	171	-	720	-	10,5
RANIA	2011	09-gen	619	24,2	86	123	168	168	73	557	7,1	9,3
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>09-gen</i>	<i>486</i>	<i>26</i>	<i>46</i>	<i>68</i>	<i>166</i>	<i>169</i>	<i>73</i>	<i>639</i>	<i>7</i>	<i>9,9</i>
SABRINA	2012	3-gen	336	20,2	30	48	131	127	-	834	11,4	12,3
SABRINA	2011	17-gen	333	21,3	24	60	129	61	59	753	8,9	11,5
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>17-gen</i>	<i>335</i>	<i>21</i>	<i>27</i>	<i>54</i>	<i>130</i>	<i>94</i>	<i>59</i>	<i>793</i>	<i>10</i>	<i>11,9</i>
S. ANDREAS	2012	23-gen	326	23,4	25	59	151	91	-	723	7,4	9,7
S. ANDREAS	2011	17-gen	180	18,5	24	73	51	0	32	650	6,1	-
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>17-gen</i>	<i>253</i>	<i>21</i>	<i>25</i>	<i>66</i>	<i>101</i>	<i>46</i>	<i>32</i>	<i>687</i>	<i>7</i>	<i>10</i>
SPLENDOR	2012	28.dic	320	21,5	56	41	139	84	-	617	9,2	10,1
SPLENDOR	2011	09-gen	323	23,2	3	41	82	126	71	463	8,9	9,2
<i>media</i>	<i>2011/12</i>	<i>09-gen</i>	<i>322</i>	<i>22</i>	<i>30</i>	<i>41</i>	<i>110</i>	<i>105</i>	<i>71</i>	<i>540</i>	<i>9</i>	<i>9,6</i>

**Tab.15.3A-Piante fresche “a radice nuda” – Raffronto dei dati produttivi e qualitativi delle varietà valutate nel 2011 e 12 e medie del biennio.**

**Tab.15.3B-Piante fresche “a radice nuda” – Raffronto dei dati produttivi delle varietà in prova solo nel 2011-'12.**

Cultivar	Data di inizio raccolta	Produzione commerciale, g/pianta	Peso medio ponderato del frutto, g	gen	feb	mar	apr	Consistenza della polpa al penetrometro, g	Residuo secco rifrattometrico, °Brix	Acidità titolabile, meq/100g
FLORIDA FORTUNA	12-dic	496	22,3	97	21	164	214	650	6,2	9,6
KAMILA	23-gen	241	21	48	19	112	62	780	9	11,2
PIR 2	20-feb	189	21	0	4	92	93	806	10	11,3
PORTOLA	23-gen	241	19,6	34	36	56	115	844	8,9	10,2

Tra le varietà osservate per la prima volta nel 2012, (Tab.15.3B), si sono distinte Kamila e Portola rispetto alla già nota Florida Fortuna.

Kamila e Portola hanno prodotto frutti di ottima consistenza e di equilibrato rapporto zuccheri/acidi.

### **Commento dei risultati ottenuti e giudizio delle varietà piu' importanti.**

**Nora:** In studio da sei anni come selezione e da cinque come varietà. Si adatta molto bene all'impianto autunnale con pianta fresca. Rappresenta un'alternativa a Tudla soprattutto per precocità di maturazione, rusticità della pianta e miglior qualità dei frutti. I frutti sono di media pezzatura, di forma conica-allungata e sempre regolare, con elevate caratteristiche qualitative (residuo secco rifrattometrico, pari o superiore a 8° brix) ma di non elevata consistenza e resistenza della superficie del frutto ed è altamente suscettibile ad attacchi di oidio e risente di un elevato calo di pezzatura.

**Candongia:** E' in valutazione da nove anni, è molto diffusa in Sicilia per l'attrattività e le elevate caratteristiche organolettiche dei frutti. E' pianta di media produzione e di media precocità. Nell'ultimo biennio ha fatto rilevare una produzione media di circa 440 g/pianta, indipendentemente dalla tipologia di pianta fresca. Per migliorare la precocità appare opportuno fare ricorso ad impianti con piante fresche “cime radicate” da mettere a dimora entro settembre. La pianta ha necessità di continui apporti nutrizionali. Ha confermato notevoli caratteristiche qualitative dei frutti, residuo secco

rifrattometrico superiore a 8° brix e consistenza superiore a 800 g/pianta soprattutto utilizzando le piante fresche.

**Camarosa**: In Sicilia non ha trovato le migliori condizioni per estrinsecare le sue potenzialità produttive e qualitative. Come per le altre cultivar unifere, le piante fresche a “radice nuda” hanno fornito i migliori risultati solo in aprile e maggio. Ciò denota la necessità di anticipare la data di piantagione per questo tipo di pianta, per incrementare le rese unitarie entro marzo.

**Naiad**: In valutazione per il decimo anno, si distingue per l'elevata precocità di maturazione soprattutto come pianta fresca. Nell'ultimo biennio ha fatto rilevare come pianta fresca (sia cima radicata che a radice nuda) produzioni medie di circa 400 g/pianta e buone caratteristiche qualitative dei frutti.

Tra varietà di recente introduzione, quelle che hanno destato maggiore interesse sono state:

**Amiga**, cultivar spagnola, è stata osservata per il quarto anno come piante fresche “a radice nuda”, ed in particolare si è distinta per i frutti di consistenza elevata e dolci e per il primo anno come “cima radicata”, producendo 537 g/pianta con frutti di peso medio ponderato di 21 g.

**Cristal**, di origine spagnola, osservata nell'ultimo triennio come pianta fresca “cima radicata”, che ha fatto riscontrare una buona precocità (18/11), produzione, con frutti di buona consistenza e dolcezza.

**Florida Fortuna**, nuova varietà originaria della Florida a maturazione molto precoce, è brevidiurna, che ben si adatta ai climi caldi dei paesi del Mediterraneo, produttiva con frutti di qualità. Ha un habitus aperto e grazie anche ai lunghi steli fiorali, la raccolta dei frutti risulta più agevolata. Il frutto è di medie dimensioni, di forma conica e colore rosso aranciato brillante. Questa varietà ha fornito buoni risultati produttivi soprattutto con piante fresche “cime radicate” (in media 590 g/pianta), con frutti consistenti (680 g) e molto dolci (9 °brix); come pianta fresca a radice nuda ha prodotto 30% in meno a pianta con frutti mediamente consistenti e meno dolci. La scelta di un'ideale tecnica colturale per queste varietà, come la piantagione anticipata, durante il mese di settembre, con piante fresche “cime radicate”, al fine di iniziare la raccolta molto precocemente (ottobre-novembre) sta suscitando un certo interesse da parte dei

fragolicoltori siciliani. Attualmente è tra le più coltivate in Sicilia nell'areale marsalese con oltre 5.000.000 di piante.

**Nabila**, varietà italiana rilasciata dal CIV, è in prova per il secondo anno, e in quest'ultimo anno si è distinta come pianta fresca cima radicata, per precocità, produttività (652 g/pianta) e frutti con equilibrato rapporto tra zuccheri e acidità (8,5°brix e 10,2 meq/100 g). Pianta di elevata rusticità, vigorosa, basso fabbisogno in freddo; frutti di forma molto regolare, di pezzatura medio - grossa, di colore rosso brillante e di buone qualità organolettiche (sapore gradevole, con buona componente zuccherina).

Difetti: frutti di limitata consistenza della polpa, soprattutto in concomitanza di elevate temperature.

**Kamila**: Pregi: pianta rustica; frutti di grossa pezzatura (soprattutto con piante fresche "a radice nuda"), di forma conica, regolare di colore rosso intenso brillante, consistenti e di buone qualità organolettiche. Difetti: produttività non elevata.

**Pircinque**, nuova varietà rilasciata nel 2010, è stata osservata con le due tipologie di pianta fresca, producendo, sia a radice nuda che cima radicata, 300 g/pianta.

**Primoris**, varietà rifiorante di origine spagnola osservata con le due tipologie di pianta fresca, si è distinta per la consistenza e dolcezza dei frutti

**Rania**, varietà di origine italiana, di vigoria elevata e con pianta rustica, presenta buona adattabilità ai terreni stanchi, non necessita di disinfezione del suolo. Grazie alla vigoria ed alla rusticità è molto adatta alla tecnica del ristoppio e richiede apporti nutritivi limitati. È stata osservata per il primo anno come pianta fresca ("cima radicata" e a radice nuda), la produttività è risultata elevatissima grazie all'elevato peso medio dei frutti con frutti consistenti e dolci (7°brix).

**Sabrina**, varietà spagnola, osservata per il secondo anno come pianta fresca si è distinta per la precocità e produttività della pianta. I frutti sono dolci e consistenti.

**Splendor**, di origine Californiana, è stata osservata per il secondo anno come pianta fresca a radice nuda distinguendosi per precocità, e per i frutti di elevata pezzatura e dolcezza, e per il primo anno come "cima radicata" fornendo una buona produzione (567 g/pianta), con frutti di elevato peso medio (24 g) e dolci (8,2°brix).



## **PROPOSTA DI LISTA PER IL 2013**

### **Candong**

**Pregi:** caratterizzata da una pianta rustica, di media produzione e di media precocità. Si contraddistingue per le eccezionali caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti in quanto unisce un bell'aspetto dei frutti di forma perfettamente conica, colore rosso intenso uniforme e brillante ad un' elevata dolcezza e notevole consistenza della polpa, che consente una lunga shelf life. I frutti sono di buona consistenza, produzione di scarto quasi assente.

**Difetti:** Il potenziale produttivo spesso non è elevato, soprattutto quando l'epoca di piantagione è tardiva, la pezzatura dei frutti, inizialmente molto buona, inizia a ridursi nella seconda metà del ciclo di produzione.

### **Naiad**

**Pregi:** Pianta di elevata produttività, precoce, soprattutto con l'utilizzo di piante fresche “cime radicate” e nei nostri areali, caratterizzati da caldi elevati. I frutti sono di bella forma conica, molto regolare e di buon sapore.

**Difetti:** Presenta un elevato sviluppo vegetativo della pianta soprattutto di quelle frigoconservate, la colorazione del frutto è spesso disforme e la superficie non molto resistente.

### **Florida Fortuna**

**Pregi:** Varietà selezionata in Florida con condizioni climatiche piuttosto simili a quelle della Sicilia, ha trovato nel Marsalese (TP) grande interesse soprattutto per la notevole precocità di maturazione, associata ad una elevata produzione e buona pezzatura dei frutti. La varietà esprime le migliori performance con impianto precoce con “cime radicate” (prima decade di settembre), che permette di ottenere nel periodo invernale – inizio primavera una produzione nettamente superiore alle altre cultivar unita ad una buona qualità dei frutti.

**Difetti:** la varietà manifesta poca resistenza agli agenti biotici e abiotici che possono compromettere la sopravvivenza delle piante e soprattutto la qualità dei frutti. Con l'innalzamento delle temperature primaverili i frutti di questa varietà perdono consistenza della polpa e contenuto in solidi solubili totali. La produzione e la qualità

dei frutti dipendono dal materiale di propagazione che deve provenire da vivai certificati.

**Sabrina**

**Pregi:** Varietà molto rustica, mediamente precoce e produttiva. Si è distinta soprattutto per la forma conico-allungata, consistenza della polpa ed elevato residuo secco rifrattometrico dei frutti, che si mantiene alto per tutto il periodo della raccolta. Buona fertilità pollinica.

**Difetti:** E' risulta mediamente suscettibile all'oidio.

## Aspetti qualitativi e produttivi di nuove accessioni di fragola selezionate in Sicilia a confronto con le varietà più coltivate

---

### 16. Introduzione

La fragola per il suo aspetto attraente, il gusto e l'aroma è uno dei frutti preferiti dal consumatore. Oggi, per il consumatore il concetto di qualità coinvolge fattori derivanti da stimoli visivi, olfattivi e tattili, da stimoli organolettici (sapore, aroma) o da aspettative salutistiche (reali o virtuali) che implicano una salubrità peculiare (produzioni bio) o da contenuti di sostanze nutraceutiche.

Grazie alle numerose campagne mediche che mirano a formare consumatori critici ed esigenti nelle scelte d'acquisto, oggi è in progressivo aumento il livello di informazione sugli specifici composti “salutari” presenti in frutta e verdura.

Numerosi studi scientifici confermano che la fragola contiene *molecole bioattive con potere antiossidante*, come acido ascorbico e composti polifenolici come: l'acido ellagico, l'acido p-cumarico, l'acido p-idrossibenzoico, l'acido ferulico ed alcuni flavonoidi (antocianine, catechine, quercetine ecc.). Tali composti non hanno potere nutritivo ma esercitano effetti protettivi sul corpo umano, neutralizzando la formazione e/o la proliferazione dei radicali liberi, riducendo il rischio di patologie cardiovascolari.

La **capacità antiossidante totale** (CAT) nelle fragole viene determinata utilizzando il metodo colorimetrico di Folin-Ciocalteu, che però non fornisce alcuna indicazione sulla concentrazione dei singoli polifenoli, solo attraverso l'analisi cromatografica (HPLC-DAD) è possibile avere l'analisi quantitativa e qualitativa di più polifenoli contemporaneamente. Il polifenolo più rappresentativo in fragola risulta l'acido ellagico ( il suo contenuto varia da 43 a 464 mg/100 g, con valori medi fra 39,6 e 52,2 mg/100

g). La **scelta del materiale genetico** è quella che più di ogni altra condiziona la qualità nutraceutica dei frutti ma essa è influenzata anche dalle condizioni di coltivazione (ambiente e tecniche agronomiche), dal periodo di maturazione, dalle condizioni pre e post raccolta, dalla shelf life e dal tipo di trasformazione.

L'**attività di breeding**, ha sicuramente portato a dei miglioramenti delle caratteristiche qualitative della fragola, al fine di massimizzarle occorre coltivare i diversi genotipi nelle aree più vocate e con la tecnica agronomica più idonea (Maltoni *et al.*, 2009). Per quel che concerne la **tecnica di coltivazione**, negli ultimi anni si è assistito ad una continua evoluzione del materiale vivaistico utilizzato negli impianti dei fragoletti (Pagliarani e Faedi, 1995; Lucchi, 2002). In particolare, negli ambienti meridionali, il produttore predilige sempre più la pianta fresca, poiché le condizioni climatiche invernali, piuttosto miti, favoriscono un anticipo di produzione ed un ciclo di fruttificazione più lungo rispetto alle piante frigoconservate (Faedi e Baruzzi, 2002).

Studi condotti in Sicilia (D'Anna *et al.*, 2007; 2010) hanno anche evidenziato come la pianta fresca fornisca un prodotto qualitativamente migliore, soprattutto in termini di valori di residuo secco rifrattometrico e di consistenza della polpa del frutto rispetto ai frutti delle piante frigoconservate.

Nel presente lavoro vengono illustrate le performance produttive e qualitative dei frutti di quattro selezioni ottenute nell'area di Marsala nell'ambito dell'attività di miglioramento genetico, coordinata dal CRA-FRF di Forlì, a confronto con le varietà più diffuse nell'areale siciliano: Nora e Candonga®Sabrosa coltivate con la tipologia di pianta fresca “a radice nuda”.

## 16.1 Materiali e metodo

Lo studio è stato condotto nel 2011-'12, presso i campi sperimentali del Dipartimento dei Sistemi Agro-Ambientali (S.Ag.A.) adesso (S.A.F.), costituiti a Marsala (TP).

Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche “a radice nuda” di 2 varietà Candonga®Sabrosa e Nora e 4 selezioni: PA 05.115.03, PA 05.115.08 e PA 05.115.10, ottenute dall'incrocio tra Nora e Candonga; e la PA 04.228.04 risultato dall'incrocio fra Ventana e Nora; selezionate a Marsala nel 2007.

Si è operato in ambiente protetto, utilizzando tunnel multipli con 10 arcate di 4,5 m (larghezza) x 2,4 m (altezza) x 30 m (lunghezza), su un terreno proveniente dalla

trasformazione delle tipiche “sciare” siciliane, costituito da prevalente componente sabbiosa (< 80%), a reazione subalcalina (pH 8,5), con alto calcare attivo (8,8 %), ben dotato di K<sub>2</sub>O scambiabile (660 ppm), fosforo (68 ppm), azoto totale (2,0 ‰) e di sostanza organica dovuta all’apporto annuale di vinaccia esausta di distilleria (10 t/ha). L’impianto è stato effettuato su terreno coltivato nell’ultimo biennio a fragola e sottoposto annualmente a geodisinfestazione per *drip fumigation*, con una miscela di cloropicrina (20 g/m<sup>2</sup>) + 1,3 dicloropropene (20 g/m<sup>2</sup>), somministrata 30 giorni prima del trapianto. La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D’Anna *et al.*, 2005). In estate il terreno è stato lavorato, livellato e sistemato in prode alte 40 cm, poi pacciamate con film di PE nero, sotto il quale è stato posto l’impianto di irrigazione a microportata. Le piante fresche “a radice nuda” sono state messe a dimora l’08 ottobre, a file binate, realizzando una densità di 9 piante/ m<sup>2</sup>. Durante il ciclo vegeto-produttivo sono stati effettuati 15 interventi di fertirrigazione, apportando complessivamente: N 200 Kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150, K<sub>2</sub>O 300 e chelato di ferro 60. La copertura dei tunnel multipli è stata eseguita nella seconda decade di novembre con film plastico in PE trasparente additivato con EVA dello spessore di 120 µ. È stato adottato un disegno sperimentale a blocco randomizzato, con unità elementare di 15 m<sup>2</sup> ripetute 3 volte. In ciascuna parcella ed in ogni raccolta sono stati pesati i frutti commerciali (frutti integri con diametro >22 mm) e di scarto (frutti piccoli, deformi e affetti da marciumi) ed è stato calcolato il peso medio ponderato di un campione di 20 frutti commerciali scelti in ogni raccolta.

$$PMP = \frac{\sum f \cdot p}{P}$$

Dove:

f = peso medio dei frutti rilevato ad ogni raccolta;

p = produzione a pianta di ogni raccolta;

P = produzione complessiva a pianta  $\sum p$ ;

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in gennaio, febbraio, marzo e aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

- la consistenza della polpa (g) dei frutti con penetrometro (mod. Chatillon con puntale di 6 mm di diametro);
- il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- l'acidità del succo (meq/100 g), utilizzando idrossido di sodio (NaOH) 0,1 N con blu di bromotimolo, come indicatore di viraggio della soluzione (pH 7,8);
- il contenuto in acido ascorbico (mg/100g), mediante metodo colorimetrico con strumento digitale Rqflex (Merck), sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza;
- le caratteristiche colorimetriche dell'epidermide del frutto ( $L^*$  = luminosità,  $a^*$  = coordinata cromatica rossa,  $b^*$  = coordinata cromatica gialla), usando un colorimetro a riflettanza (Minolta mod. Chromater Reflectance II) con apertura del sensore ottico di 8 mm di diametro.

Con questi dati è stato poi calcolato il valore di chroma secondo la formula  $(a^2 + b^2)^{1/2}$ .

Nel mese di marzo è stato raccolto un campione di 10 frutti per ogni parcella. Ogni campione è stato subito congelato alla temperatura di -80°C e successivamente liofilizzato e sottoposto alle seguenti analisi nutraceutiche:

- 1) attività antiossidante ( $\mu\text{molTE/g}$  di sostanza fresca), mediante biosaggio TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) che si basa sulla decolorazione di una soluzione contenente il catione radicalico ABTS.<sup>+</sup> che in presenza di molecole antiossidanti si riduce a catione non radicalico ABTS<sup>+</sup>. La lettura spettrofotometrica avviene a 734 nm; la determinazione quantitativa è stata fatta sulla base di una curva di calibrazione ottenuta misurando la percentuale di inibizione di diverse soluzioni a concentrazione nota dell'antiossidante sintetico Trolox (Wang H. et al., 1996)
- 2) contenuto in polifenoli (mgGAE/g), mediante reattivo di Folin-Ciocalteau e lettura spettrofotometrica a 750nm (Slinkard e Singleton, 1977); la determinazione quantitativa è stata fatta sulla base di una curva di calibrazione ottenuta da uno standard di acido gallico a concentrazioni note;

I dati sperimentali rilevati sono stati utilizzati per calcolare: la produzione commerciale a pianta raccolta mensilmente e quella totale, il peso medio ponderato generale; il valore medio del residuo secco rifrattometrico ( $^{\circ}$ Brix), della consistenza della polpa (g), dell'acidità titolabile (meq/100 g di s.f), del contenuto di acido ascorbico (mg/100 g di s.f), l'attività antiossidante ( $\mu$ molTE/g di sostanza fresca), il contenuto in polifenoli (mgGAE/g), la brillantezza (L) ed il valore Chroma dei frutti.

I dati sono stati sottoposti all'ANOVA e le medie messe a confronto col test di Duncan. La raccolta si è conclusa il 13 maggio.

## **16.2 Risultati e discussione**

### **Parametri Produttivi:**

#### **Produzione commerciale mensile**

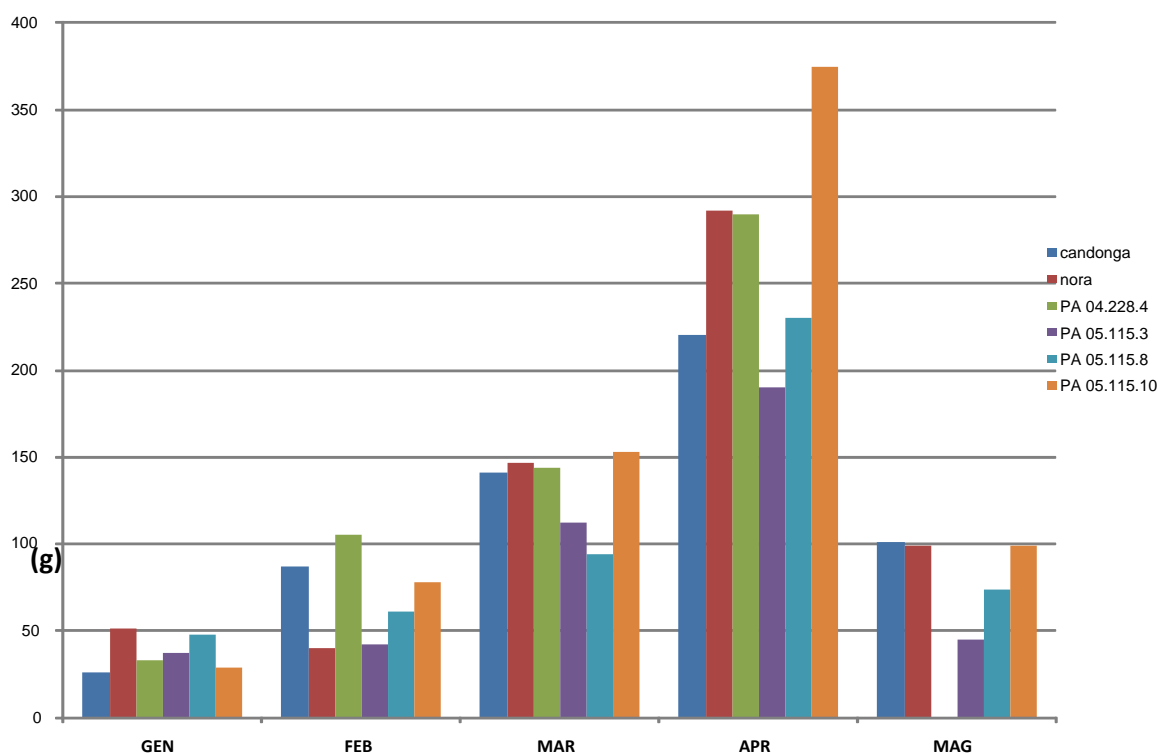
La produzione ha avuto inizio nella prima metà di gennaio. La produzione di tutte le tesi, in genere, ha avuto un andamento crescente dal mese di gennaio ad aprile, mentre successivamente si è verificato un calo produttivo, a causa delle alte temperature che sono state registrate soprattutto a partire da maggio all'interno dei tunnel.

Nel mese di gennaio si è distinta Nora (51g/pianta), seguita dalla selezione Pa 05.115.8 (48g/pianta), Candonga ha prodotto meno, solo 26 g/pianta, ma la sua produttività si è meglio estrinsecata nel mese di febbraio, ove si è dimostrata la più produttiva fra le due varietà (87g/pianta) in prova; per ciò che concerne le selezioni la più produttiva a febbraio è risultata la PA 04.228.4 (105g/pianta), seguita dalla PA 05.115.10.

A marzo, periodo di maggior interesse per i produttori siciliani, fra le selezioni la più produttiva è stata nuovamente la PA 05.115.10 (153g/pianta), anche la PA 04.228.4 (144 g/pianta), non ha manifestato cali produttivi, fenomeno a cui è andata invece incontro Candonga.

Anche ad aprile Candonga ha prodotto meno fra le accessioni in prova, insieme alla selezione PA 05.115.3. Quest'ultima selezione anche a maggio ha prodotto circa la metà delle accessioni in prova (45g/pianta), le quali tranne la PA 04.228.4 si sono mantenute su una produzione di circa 100 g/pianta. Vedi (graf. 15.1).

**Graf.16.1**–Andamento mensile della produzione commerciale in funzione delle accessioni

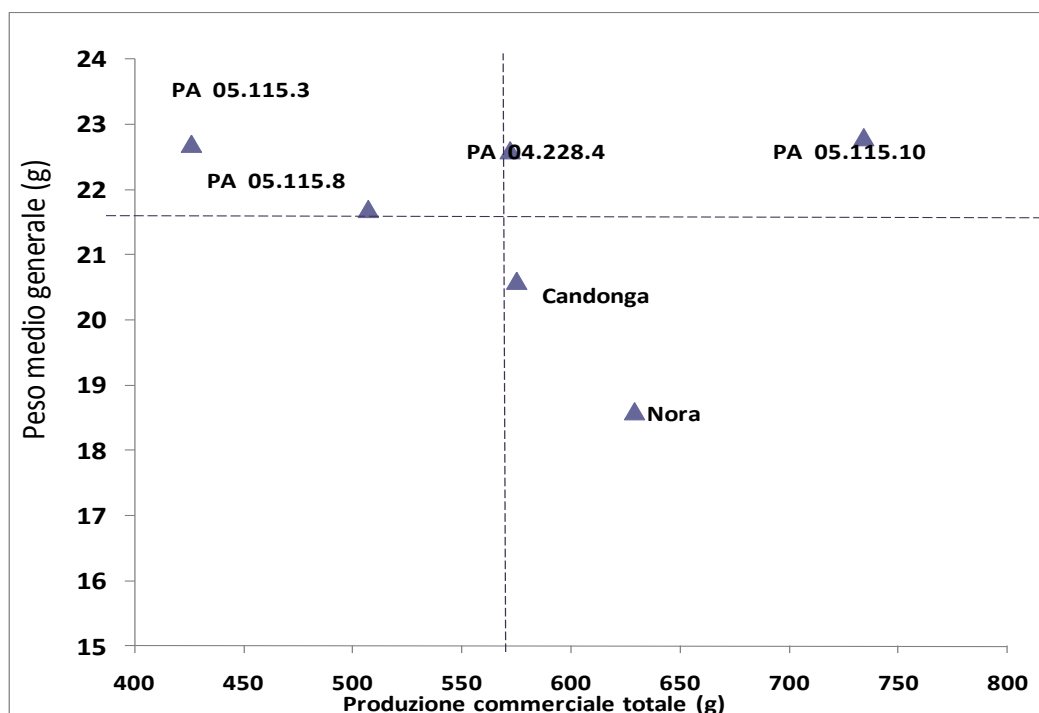


**Produzione commerciale totale (g/pianta) e peso medio generale dei frutti (g);**

La combinazione tra il peso medio generale dei frutti e la produzione commerciale risulta molto importante ai fini di poter ottenere produzioni elevate con frutti di grossa pezzatura. Entrambe le varietà in prova hanno fatto rilevare produzioni superiori alla media (574 g), così come le accessioni PA 04.228.4 e PA 05.115.10, queste ultime, inoltre, hanno anche prodotto frutti con peso medio superiore ai 21,5 g, rispetto alle due varietà il cui peso medio è risultato minore. Le altre due selezioni hanno invece prodotto frutti con pesi medi elevati (>21g) ma con produzione commerciale totale inferiore alla media. Vedi (graf.16.2).



**Graf 16.2** Peso medio generale dei frutti (g)–Produzione commerciale totale (g/pianta)



#### ❖ Caratteristiche Qualitative dei frutti:

Dopo la raccolta sono state analizzate alcune caratteristiche dei frutti commerciabili, a partire dal peso medio del frutto, e proseguendo poi con l'analisi della consistenza della polpa, del residuo secco rifrattometrico dei frutti, la determinazione dell'acidità, l'analisi della dotazione in vitamina C, e infine con uno studio riferito al colore dei frutti, attraverso l'uso di determinati indici. Vedi (Tab16.1).

**Tab 16.1**– Caratteristiche qualitative dei frutti in funzione dell'accessione.

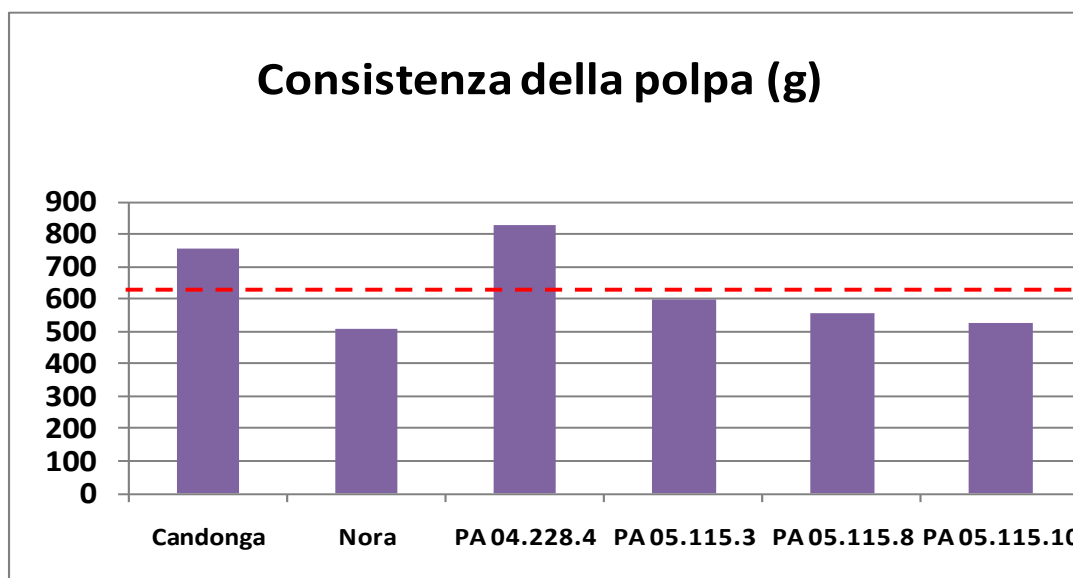
Accessione	Consistenza della polpa al penetrometro, g		Residuo secco rifrattometrico, °Brix		Acidità titolabile, meq/100g		Brillantezza (L)		Indice Chroma	
<b>Candonga</b>	754,99	<i>b</i>	8,71	<i>bc</i>	9,59	<i>bc</i>	36,29	<i>c</i>	46,01	<i>c</i>
<b>Nora</b>	508,16	<i>e</i>	8,39	<i>c</i>	9,09	<i>c</i>	36,50	<i>c</i>	46,57	<i>c</i>
<b>PA 04.228.4</b>	828,83	<i>a</i>	9,50	<i>a</i>	10,08	<i>ab</i>	38,60	<i>b</i>	48,52	<i>b</i>
<b>PA 05.115.3</b>	599,92	<i>c</i>	8,88	<i>ac</i>	10,08	<i>ab</i>	42,70	<i>a</i>	54,35	<i>a</i>
<b>PA 05.115.8</b>	555,87	<i>d</i>	9,20	<i>ab</i>	10,79	<i>a</i>	37,02	<i>c</i>	47,52	<i>bc</i>
<b>PA 05.115.10</b>	524,91	<i>de</i>	8,39	<i>c</i>	8,91	<i>c</i>	34,91	<i>d</i>	47,03	<i>bc</i>

i valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per  $P \leq 0,05$ .

#### ❖ **Consistenza della polpa (g)**

La consistenza della polpa è di rilevante importanza ai fini della conservazione e del trasporto poichè, insieme alla resistenza della superficie, condiziona la shelf life del frutto. Fra le varietà la più consistente è risultata Candonga (755g), mentre fra le selezioni la PA. 04.228.4 (828g) e la PA. 05.115.3 (600g) sono risultate idonee alla commercializzazione. L'accessione meno consistente è stata Nora (508g).

**Graf 16.3** Consistenza della polpa al penetrometro (g) in funzione delle diverse accessioni

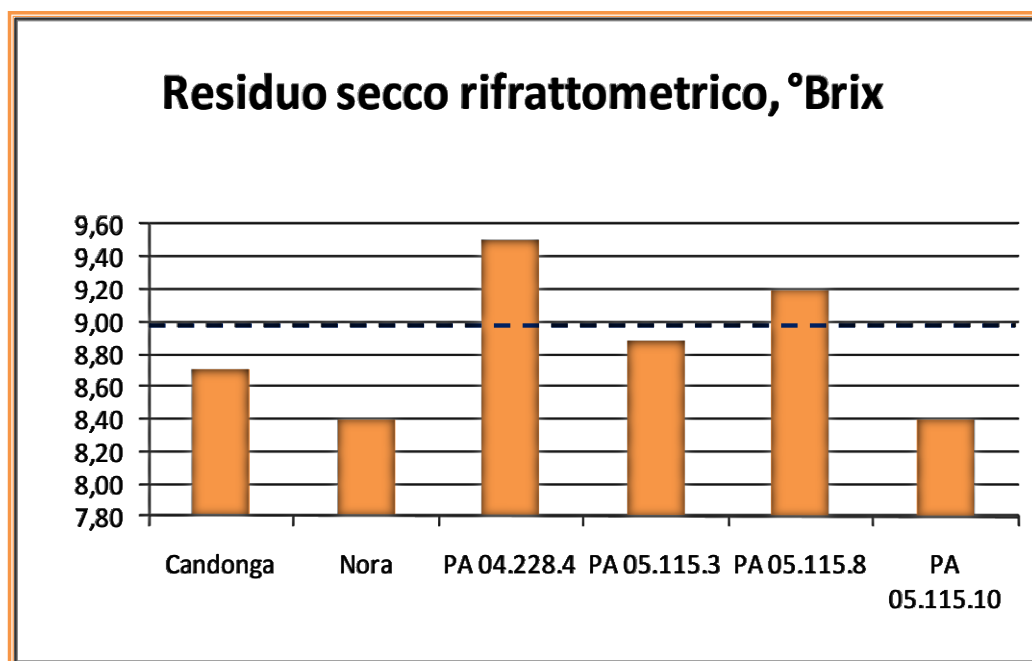


#### ❖ **Residuo secco rifrattometrico (° Brix)**

Parametro importante ai fini del gradimento del consumatore. Tre sono state le selezioni superiori alla media (8,5°brix): la PA 04.228.4 (9,5), la PA 05.115.8 (9,2) e la PA 05.115.3 (8,8).

Seguite da Candonga (8,7), mentre Nora e la PA 05.115.10 (8,4) sono risultate al di sotto. (Vedi graf.16.4).

**Graf 16.4** – RSR dei frutti delle accessioni in prova

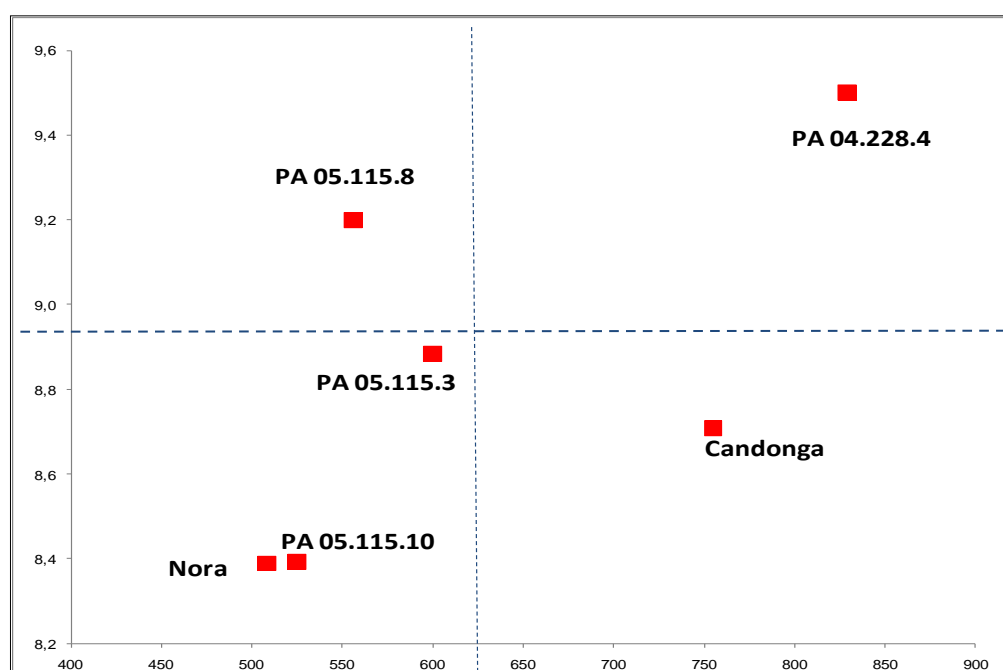


❖ **Residuo secco rifrattometrico (°brix) e Consistenza della polpa (g)**

La combinazione fra i due parametri ha dimostrato che solo la selezione PA.04.228.4 ha realizzato per entrambi i parametri valori pregevoli.

Delle due varietà in prova: Nora ha prodotto frutti meno consistenti e zuccherini rispetto a Candonga, mentre le altre selezioni hanno assunto valori compresi fra i loro parentali.

Vedi (Graf.16.5) **Graf 16.5** - Consistenza e RSR

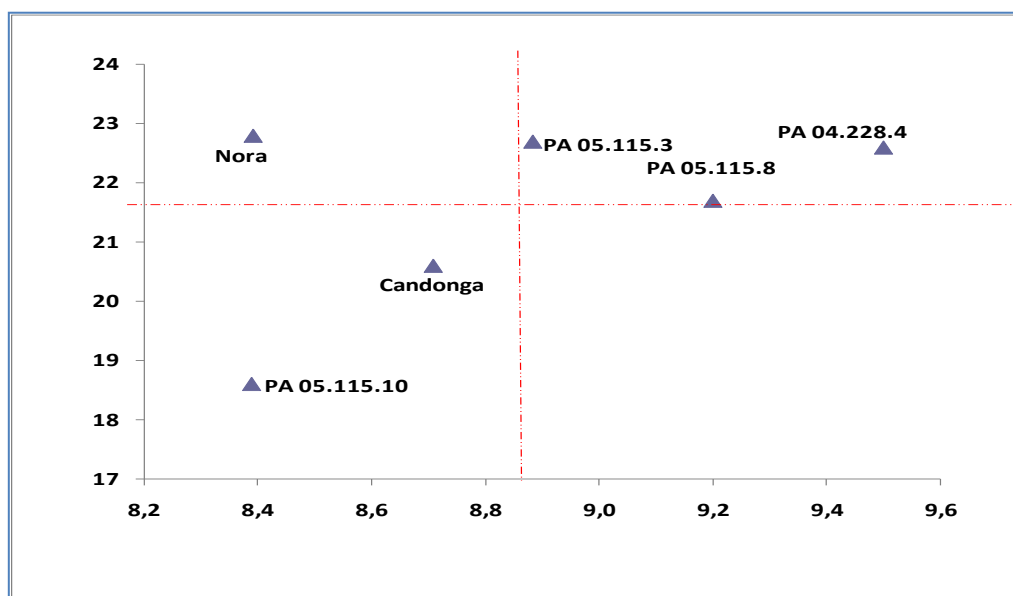


#### ❖ **Peso medio ponderato del frutto (g) e Residuo Secco Rifrattometrico**

I risultati della combinazione fra questi due parametri mostrano come valori superiori alle medie (21,5g e 8,84) sia in peso che in grado zuccherino si sono riscontrati nella selezioni PA 05.115.3, PA 05.115.8 e PA .04.228.4.

Fra le due varietà Candonga ha prodotto frutti di buon grado zuccherino (8,7) ma con minor peso medio, mentre Nora ha prodotto frutti superiori ai 22 g ma con minor grado zuccherino.

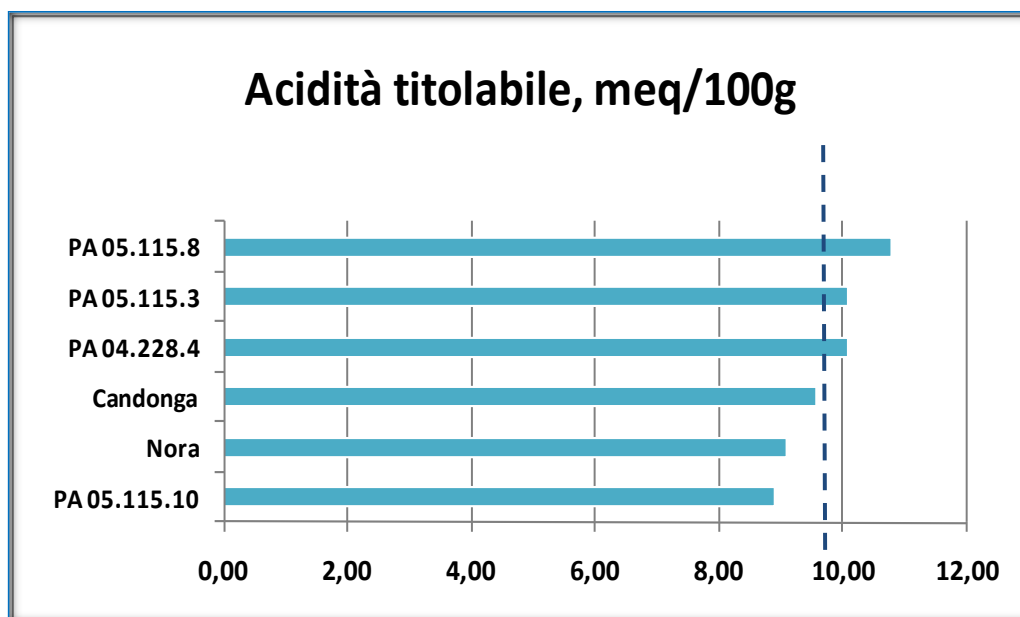
**Graf 16.6** – Peso medio ponderato del frutto e RSR in funzione dell'accessione.



#### ❖ **Acidità titolabile (meq/100g)**

Parametro di rilevante importanza ai fini dell'individuazione del giusto grado di maturazione del frutto ma anche per il sapore del frutto. I frutti più graditi al consumatore sono infatti quelli che presentano un equilibrato rapporto tra zuccheri ed acidi. Per ciò che concerne l'acidità dei frutti tre sono state le accessioni superiori alla media (9,76): la PA 05.115.8, la PA 05.115.3 e la PA 04.228.4, seguite dalla due varietà e per ultimo dalla PA 05.115.10 (8,9). Vedi Graf.16.7

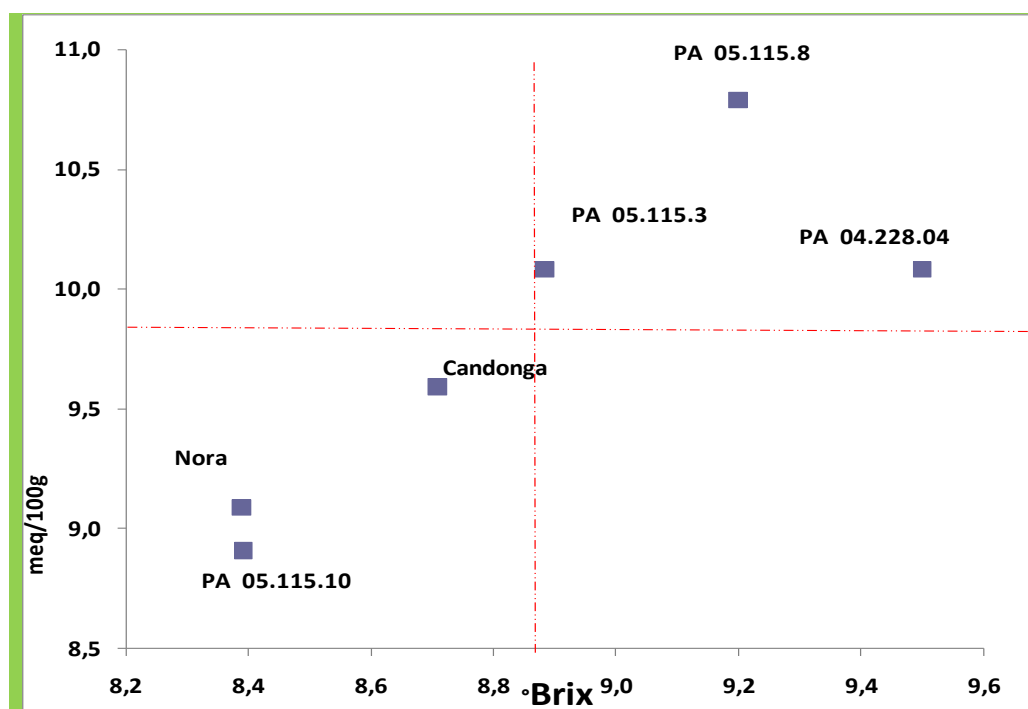
**Graf 16.7-** Acidità totale dei frutti (meq/100 g s.f.).



❖ **Residuo secco rifrattometrico (°brix) e acidità totale dei frutti (meq/100 g s.f.)**

Interazione importante al fine di stabilire un equilibrato rapporto fra zuccheri ed acidi nei frutti. Fra le accessioni in prova dal grafico si evince un buon rapporto nelle selezioni PA05.115.8, nella 05.115.3 e nella PA 04.228.4, mentre per la PA 05.115.10 si notano valori al di sotto anche delle due varietà.

**Graf 16.8** – Residuo secco rifrattometrico e acidità totale del frutto in funzione dell'accessione.

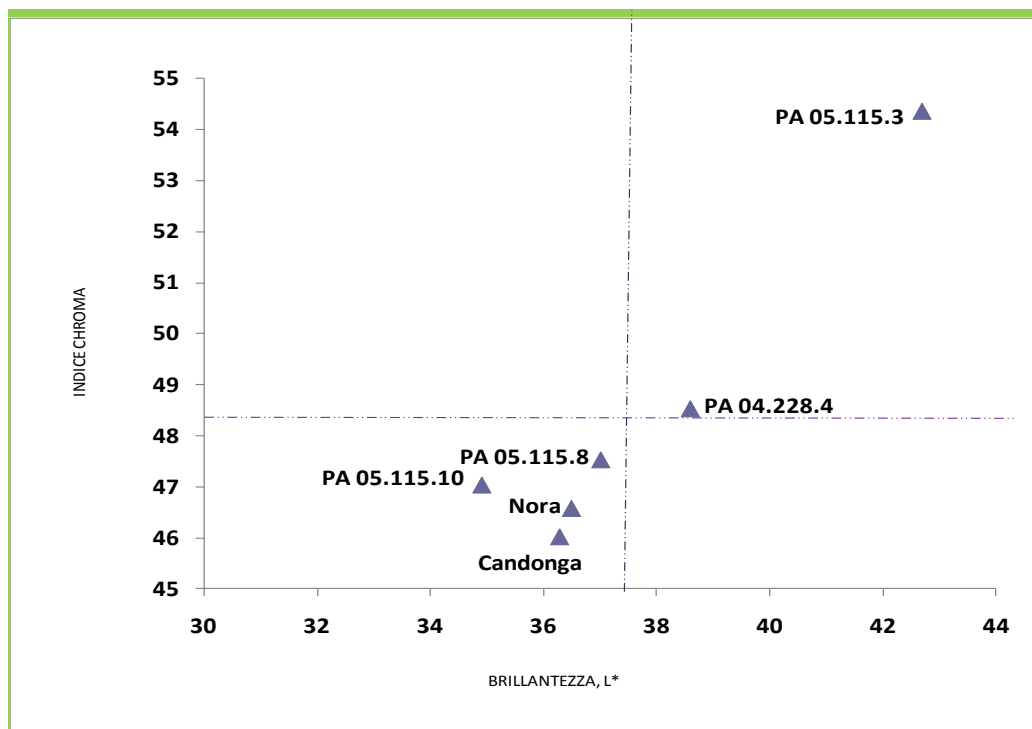


❖ **Colore del frutto: Brillantezza ( $L^*$ ) e Tonalità (Indice Chroma)**

Considerando  $L^*$ , che riferisce sui valori di luminosità e brillantezza e l'**Indice Chroma** che invece informa su tonalità in funzione dei valori  $a^*$  e  $b^*$ ,  $a^*$  per le tonalità dal rosso al blu intenso,  $b^*$  per le tonalità del giallo-arancio tendente al verde. Nello specifico, valori elevati di indice chroma (tonalità), indicano frutti intensamente colorati debolmente colorati, tendenti appunto al rosso-aranciato. All'opposto valori bassi indicano frutti con colorazioni rosso intenso e quindi frutti sovrammaturi.

Dal grafico si evince che fra le accessioni in studio per ciò che concerne il colore si distinguono la PA 05.115.3 e la PA 04.228.4 con valori più alti di indice Chroma, mentre per le altre accessioni in studio si sono registrati valori più bassi sia di brillantezza che di Indice Chroma. Vedi graf.16.9

**Graf 16.9** – Brillantezza e tonalità del colore della superficie del frutto delle accessioni.



#### ❖ **Contenuto in sostanze antiossidanti**

##### **Attività Antiossidante totale ( CAT) e Contenuto in Polifenoli (PFT)**

Candonga risulta la selezione che ha fatto registrare valori altamente significativi sia di CAT che di PFT, a cui sono corrisposti dei modesti valori in Acido Ascorbico (43,3).

Per ciò che concerne la CAT risultano egualmente significativi i valori trovati per la varietà Nora, e per le accessioni PA 05.115.8 (10,7), PA05.115.10 (10,3) e per la PA 04.228.4 (11). Il contenuto minore si evidenzia nella PA 05.115.3.

Il PFT oltre Candonga ha fornito apprezzabili valori per le accessioni PA 05.115.10 (1,74) e per la PA 04.228.4 (1,68), in Nora il contenuto in polifenoli è risultato minore delle accessioni in prova tranne che per la Pa 05.115.3. In Nora di contro si è trovato il più alto contenuto in Vit. C (66), seguito dalla due selezioni PA 04.228.4 (63) e Pa 05.115.8 (62), mentre Candonga e la PA 05.115.3 hanno evidenziato valori < ai 50 mg.

**Tab 16.2** Contenuto in sostanze antiossidanti nelle diverse accessioni in prova

Accessione	CAT - micromoli Trolox/g peso fresco	PFT - mgGAE/g	Vit C - mg/100 g
PA 05.115.3	8,56 <i>c</i>	1,09 <i>d</i>	52,50 <i>c</i>
PA 05.115.8	10,67 <i>b</i>	1,46 <i>c</i>	62,00 <i>ab</i>
PA 05.115.10	10,33 <i>b</i>	1,74 <i>b</i>	60,00 <i>b</i>
PA 04.228.4	11,08 <i>b</i>	1,68 <i>b</i>	63,00 <i>ab</i>
Candongia	13,31 <i>a</i>	1,89 <i>a</i>	49,30 <i>c</i>
Nora	10,50 <i>b</i>	1,34 <i>c</i>	66,00 <i>a</i>

i valori contrassegnati da lettere diverse differiscono per  $P \leq 0,05$

**Graf.17** Contenuto in Acido Ascorbico (Vit. C) nelle diverse accessioni in prova.

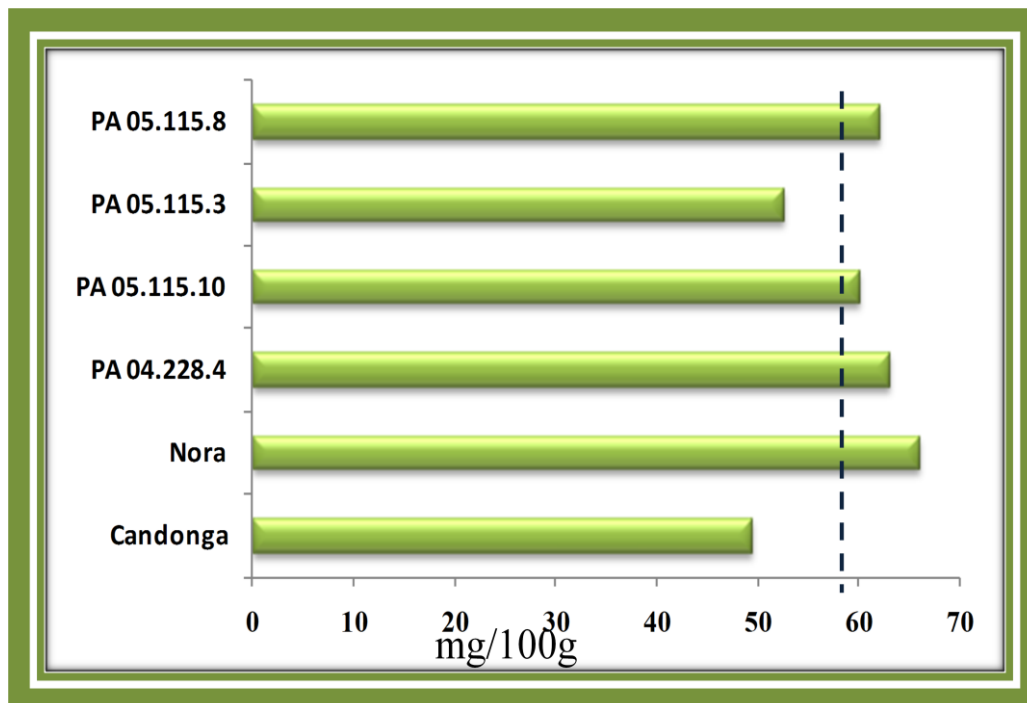




Foto 1 – Frutti di Candonga®Sabrosa



Foto 2 - Frutti di PA 04.228.4



Foto 3 - Frutti di PA 05.115.3



Foto 4 - Frutti di PA 05.115.8





Foto 5 - Frutti di PA 05.115.10



### 16.3. Conclusioni

La fragolicoltura siciliana, per le particolari condizioni ambientali dell'area in cui si sviluppa, si distingue per la maggior precocità di maturazione dei frutti, accentuata dal ricorso alle piante fresche rispetto a quelle frigo conservate, che permettono di anticipare e quindi ampliare il calendario di raccolta da dicembre a maggio e di ottenere frutti di migliore qualità e bellezza. Purtroppo non tutte le varietà sono idonee all'impianto con questa tipologia di piante.

L'attuale standard varietale della fragolicoltura siciliana è fortemente dipendente da varietà estere (Candongia®Sabrosa, Tudla®Milsei, Naiad, Antilla, ecc. ).

E' chiaro, quindi, che la ricerca di nuove cultivar a maturazione precoce, adatte ad essere impiegate anche con piante fresche, rimane un'esigenza di primaria importanza per l'attività di ricerca per gli ambienti meridionali.

A seguito delle analisi sperimentali effettuate su quattro accessioni derivanti dall'attività di breeding siciliano coltivate come piante fresche a "radice nuda" paragonate alle due

varietà più note nell'ambiente marsalese, è stato possibile effettuare alcune considerazioni relativamente alla loro risposta quali-quantitativa.

Per ciò che concerne la produzione le accessioni più produttive entro il mese di marzo sono state Nora, la PA 05.115.8 e la Pa 04.228.4. Quest'ultima ha realizzato anche ottime pezzature rispetto alle due varietà in prova. La pezzatura più elevata si è riscontrata nella PA. 05.115.10.

Per ciò che riguarda le caratteristiche di qualità delle accessioni in prova utilizzate come piante fresche a “radice nuda”, interessanti risultano i valori ottenuti dalla PA 04.228.4, questa selezione dimostra infatti un'ottima consistenza, un buon rapporto zuccheri/acidi e buon grado di colore, abbinati a buoni contenuti in CAT e acido Ascorbico.

La varietà **Candonga**, dimostra che se coltivata come pianta fresca a “radice nuda” nell'ambiente marsalese, di non spiccare per produzione e precocità, anche se il frutto risulta di elevate caratteristiche qualitative, soprattutto in termini di consistenza, rapporto zuccheri/acidi e contenuto in sostanze antiossidanti; pertanto è molto apprezzata dai consumatori. Inoltre i suoi frutti hanno un'elevata capacità antiossidante totale ed un elevato contenuto in polifenoli totali.

**Nora** è precoce, rustica, con frutti dolci, di buon sapore e di forma conica, molto regolare e colorazione rosso-aranciata brillante, adatta all'impianto con piante fresche. I frutti di questa varietà presentano un elevato contenuto in acido ascorbico (Vit. C).

Le selezioni PA.05.115, tutte figlie di Nora per Candonga, hanno dimostrato migliori valori in consistenza rispetto alla carente Nora, soprattutto la PA.05.115.3, la quale si è distinta anche per un ottimo valore di colore ed un buon rapporto zuccheri/acidi.

La PA.05.115.8 ha dimostrato un buon rapporto zuccheri/acidi, un medio contenuto in acido Ascorbico ed in sostanze antiossidanti ma risulta carente in consistenza. La PA.05.115.10, se coltivata come pianta fresca a “radice nuda”, come Nora difetta in consistenza benché abbia buoni contenuti in sostanze antiossidanti.

## **Influenza della catena del freddo e della logistica sulla qualità dei frutti di fragola**

---

### **17. Introduzione**

La fragola (*Fragaria x ananassa*, Duch) è senza dubbio uno dei piccoli frutti più studiati dal punto di vista genomico, agronomico e nutrizionale, e sicuramente uno dei più diffusi sul mercato sia come prodotto fresco che trasformato (marmellate, succhi, gelatine). **L'aspetto** dei frutti è un elemento comune di valutazione di tutti i soggetti della filiera e componenti come forma, colore, **caratteristiche organolettiche** (contenuto in solidi solubili e acidità titolabile), consistenza e freschezza, uniti ad un buon contenuto in **sostanze antiossidanti**, sono attualmente i parametri oggettivi considerati per la determinazione della qualità delle fragole (Lovati *et Testoni*, 2004; Nuzzi *et al.*, 2002; Avitabile Leva *et al.*, 2003).

Le attese dei consumatori verso alimenti sani e genuini, contenenti sostanze volte ad accrescere il benessere fisico con valenza farmaceutico-terapeutica, sono notevolmente cresciute anche sulla spinta dei “*media*” che estrapolano ed enfatizzano risultati di studi clinico-dietologici su singoli composti (Sansavini, 2003). Questi piccoli frutti o (berries) presentano un elevato contenuto di composti fitochimici, come la vitamina C, i folati e i composti fenolici che esprimono proprietà antiossidanti benefiche quindi nel prevenire l'insorgenza di patologie croniche (Basu *et al.*, 2010; Giampieri *et al.*, 2012 a). Gli effetti benefici determinati dal consumo di prodotti ortofrutticoli sono dovuti alla contemporanea presenza di una miscela di composti antiossidanti che svolgono un'attività sinergica tra loro; nella fragola, l'azione antimutagena e anticancerogena è imputabile all'alto contenuto di vitamina C fino a 80 mg/100 g), alla presenza di polifenoli (circa 200 mg/100 g), con la loro capacità antiradicalica e di un acido

fenolico, quale l'acido ellagico (Mariani Costantini *et al.*, 1999; Moore e Sistrunk, 1980).

La scelta del materiale genetico è quella che più di ogni altra condiziona la qualità nutraceutica dei frutti ma essa è influenzata anche dalle condizioni di coltivazione (ambiente e tecniche agronomiche), dal periodo di maturazione, dalle **condizioni pre e post raccolta, dalla shelf life e dal tipo di trasformazione** (Connor *et al.*, 2002; Prior *et al.*, 1998; Proteggente *et al.*, 2002;).

La ricerca ha avuto come scopo la caratterizzazione qualitativa dei frutti di fragola ottenuti in ambiente protetto da piante fresche "cime radicate" delle varietà Florida Fortuna e Sabrina dopo la raccolta. Le fragole si caratterizzano per l'elevata deperibilità e la progressiva riduzione delle caratteristiche organolettiche; è stato pertanto oggetto di questa prova, subito dopo la raccolta, rallentare il processo di maturazione abbassando rapidamente la temperatura del frutto fino a 3-4° C.

***Tanto più si è in grado di ridurre l'intervallo fra raccolta e consumo (3-5 giorni al massimo) tanto più risultano esaltate le caratteristiche organolettiche del frutto.***

E' stato visto che abbassando la temperatura il più rapidamente possibile dopo la raccolta, non solo si rallentano i fenomeni della maturazione, ma i frutti non subiscono indesiderabili modifiche della struttura, rimanendo più turgidi e consistenti, contenendo altresì gli attacchi fungini. In particolar modo i frutti di fragola, che sono caratterizzati da elevato metabolismo, beneficiano di un rapido raffreddamento (non oltre le due ore dalla raccolta). ***E' stato infatti constatato che ritardi di 2, 5 o 10 ore portano a una diminuzione della consistenza e a una perdita di frutti per deterioramento considerevoli, arrivando al 20% di frutti soggetti a marciumi dopo 7 giorni di conservazione e a oltre il 40% dopo 10 giorni.*** Il conferimento del prodotto, possibilmente nella prima parte della mattina, al magazzino frigorifero dotato di impianto ad aria forzata per l'abbattimento rapido della temperatura risulta essere una buona pratica. Meglio ancora se si inizia la catena del freddo già in azienda con interventi di pre-refrigerazione. (Lovati F., Nuzzi M., Testoni A., 2012). La logistica assume un ruolo fondamentale in quanto nel giro di 24 o 48 ore le fragole passano dal campo al punto vendita e questo assicura un prodotto di qualità. Lo studio è basato sulla rappresentazione della catena del freddo come una condotta di attività di stoccaggio e trasporto dal punto di raccolta, al consumatore finale. La pre-refrigerazione è stata

effettuata subito in celle ad aria forzata in azienda stessa. Nei cestini di fragole sono stati messi dei microcip (termometri) con lo scopo di monitorare già dalla fase di raccolta sia la temperatura che l'umidità relativa all'interno dei tunnel. I momenti di raccolta presi in esami sono stati due: alle 8:00 del mattino e alle 11:30. Le cassette non appena fuori dai tunnel sono stati portati in una cooperativa della zona, rimesse nella cella frigo a 4°C e imballate per essere spedite ai supermercati del Nord nell'arco di 48 ore.

### **17.1. Materiali e metodo**

Lo studio è stato condotto nel 2012-2013, presso i campi sperimentali del Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali a Marsala (TP). Il protocollo sperimentale ha previsto l'utilizzo di piante fresche "cime radicate" di 2 varietà Florida Fortuna e Sabrina e la valutazione delle caratteristiche qualitative dei loro frutti.

Si è operato su terra rossa mediterranea, di media fertilità a tessitura franco sabbiosa, a reazione subalcalina (pH 8,4), con calcare attivo alto (compreso tra 8,0-8,8%), ricco di sostanza organica (2,7%), ben dotato di potassio scambiabile (660 ppm), di fosforo (67ppm) e di azoto totale (1,8 ‰). La zona è caratterizzata da una ricca falda freatica a 40-80 m di profondità, con assenza di cloruro di sodio.

Il terreno prima dell'impianto è stato preparato con una aratura a 30 cm per interrare la sostanza organica, a base di vinaccia esausta da distilleria e letame in quantità complessiva di 100 t ha<sup>-1</sup>, e ripetute lavorazioni superficiali per coprire i concimi chimici e preparare un buon letto d'impianto e successivamente è stata effettuata la concimazione minerale con Kg ha<sup>-1</sup>: 50 N; 150 di P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 150 di K<sub>2</sub>O e 600 di zolfo.

La tecnica colturale adottata è stata quella tipica della coltura protetta di Marsala (D'Anna *et al.*, 2005). Il terreno è stato baulato e sistemato in prode alte 40 cm e solarizzato, a partire da luglio e per tutto il mese di agosto, con film plastico verde 0,07 mm di spessore, che è stato mantenuto anche durante la coltivazione come film pacciamante. L'irrigazione è stata praticata con manichetta forata posta sotto il film di PE pacciamante. Per la forzatura sono stati utilizzati tunnel multipli con 10 campate di 4,5 m x 2,4 m x 30 m. Entrambe le tipologie di tunnel sono realizzati con archi metallici zincati e la copertura con PE è stata eseguita nella seconda decade di novembre sia per le "cime radicate" che "radice nuda".

Durante il ciclo vegeto-produttivo sono state praticate le normali cure colturali e apportati, tramite fertirrigazione con concimi idrosolubili: Kg ha<sup>-1</sup> 200 N, 70 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 140 K<sub>2</sub>O e 60 chelato di ferro. Alla coltura sono stati somministrati in totale Kg ha<sup>-1</sup>: 250 N; 220 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 290 K<sub>2</sub>O, 80 chelato di ferro e 600 di zolfo.

L'impianto è stato effettuato su bine distanti 100 cm, 40 cm tra le file della bina e 22 cm sulla fila utilizzando una densità di 9 piante/m<sup>2</sup> giustificata dal maggiore sviluppo vegetativo delle "cime radicate" rispetto a quelle a radice nuda. Il trapianto è stato effettuato dal 09/09/2012 al 26/09/2012 per le piante fresche "cime radicate" di entrambe le varietà. La densità utilizzata è stata di 9 piante/m<sup>2</sup> giustificata dal maggiore sviluppo vegetativo delle "cime radicate" rispetto a quelle a radice nuda.

E' stato adottato uno schema sperimentale a parcella suddivisa (split-plot), con unità elementare di 15 m<sup>2</sup> ripetute 3 volte, nelle file centrali del tunnel, in cui il fattore principale è il momento di raccolta e quello secondario è la varietà.

Su un campione di 10 frutti scelti in ogni parcella, durante le raccolte effettuate in Febbraio Marzo ed Aprile sono stati rilevati i seguenti valori:

- La consistenza della polpa (g), dei frutti con penetrometro (mod. Ametek) dotato di puntale a stella, di 6 mm di diametro;
- Il residuo secco rifrattometrico (°Brix), con rifrattometro digitale (mod. Atago, PR-32 Alpha) per rilevare i solidi solubili totali;
- L'acidità titolabile (meq/100g), con titolatore automatico (702 SM Titrino, Metrom), titolazione con NaOH 0,1 N a pH 7;
- Le caratteristiche colorimetriche dell'epidermide del frutto ( $L^*$  = luminosità,  $a^*$  = coordinata cromatica rossa,  $b^*$  = coordinata cromatica gialla), usando un colorimetro a riflettanza (Minolta mod. Chromater Reflectance CR-200) con apertura del sensore ottico di 8 mm di diametro. Con questi dati è stato poi calcolato il valore di chroma secondo la formula  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ;
- Il contenuto in acido ascorbico (mg/100g), mediante metodo colorimetrico con strumento digitale Rqflex (Merck), sfruttando il sistema Reflectoquant secondo il principio della riflettanza.

I dati ottenuti sono stati sottoposti all'analisi della varianza (LSD test;  $p < 0,05$ ).

## **17.2. Discussione dei Risultati**



Fortuna e Sabrina sono varietà molto richieste dai consumatori siciliani poiché uniscono all'elevata attrattività del frutto anche un buon sapore.

Dalla caratterizzazione qualitativa dei frutti è emerso che le due accessioni in studio si distinguono per l'elevato contenuto in solidi solubili totali e buona consistenza della polpa anche se i frutti di Sabrina sono risultati più consistenti, caratteristica che ne permette una maggiore shelf life. (Tab.17.1)

Le due varietà, quindi, hanno mostrato differenze significative per quanto riguarda sia il contenuto in solidi solubili totali, con valori medi di (7 °Brix) per la varietà Fortuna, e (9,6 °Brix) per la varietà Sabrina.

Entrambe hanno fatto rilevare un equilibrato rapporto tra solidi solubili e acidi totali, pari rispettivamente a (7°Brix e 10,1 meq/100 g s.f.) per Florida Fortuna e per Sabrina (9,6 °Brix e 11,0 meq/100 g), ovviamente nei frutti di Sabrina l'elevato contenuto zuccherino rende il rapporto dolcezza/acidità preponderante verso il dolce. I frutti di Sabrina sono risultati più consistenti, 820 g, mentre Fortuna ha confermato il carattere negativo della maggiore sofficità della polpa, 590 g, che causa maggiori danni per manipolazione, trasporto e una riduzione della conservabilità. La varietà Sabrina si è distinta per il maggior contenuto in acido ascorbico (44 mg/100g) mentre Fortuna ha fatto registrare valori più bassi di Vitamina C (35 mg/100). Riguardo al colore della superficie dei frutti entrambe le varietà hanno prodotto frutti di colore rosso aranciato (Indice Chroma, in media 46,4) ma quelli di Fortuna si sono distinti per la maggiore brillantezza (L pari a 37,8). Analizzando l'interazione momento di raccolta x varietà non è stato significativo né per la consistenza e nemmeno per il Brix, l'acidità, la vitamina C e il colore in entrambe le varietà.

Dopo le 48 ore trascorse in cella frigo per il trasporto, l'interazione varietà x momento di raccolta è stata solo significativa per il fattore consistenza a favore della varietà Sabrina 811 g rispetto a Fortuna 593 g.(Tab.17.2).

Il crescente interesse del consumatore verso l'aspetto salutistico della sua dieta alimentare, ha fatto sì che oggi la qualità abbia assunto un significato ancora più ampio, comprensivo del valore nutraceutico del frutto, per la presenza di composti bioattivi che hanno ripercussioni positive sulla salute.

Tab.17.1 - Marsala - Analisi Qualitative 2012/2013

**Momento 0**

Fattori esaminati		Consistenza della polpa [g]	Contenuto in solidi solubili totali (°brix)
Varietà	Fortuna	608,83 B	6,83 B
	Sabrina	829,83 A	9,55 A
Momento di raccolta	08:00	740,00 n.s	8,43 n.s
	11:30	698,67 n.s	7,95 n.s
Interazione Varietà *			
Momento di raccolta		n.s	n.s
<p>Per ogni colonna, valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per <math>P &lt; 0,05</math>.</p> <p>* tra 0,05 e 0,01</p> <p>** tra 0,01 e 0,001</p> <p>*** <math>\leq 0,001</math></p>			

Acidità titolabile [meq/100g]	Vitamina C			
	[mg/100 g]	Colore L * ( C )	a * ( C )	b * ( C )
10 B	34,3 B	37,8 A	38,0 A	24,5 A
10,8 A	43,5 A	34,7 B	36,0 B	24,4 B
10,55 n.s	41,5 n.s	35,04 n.s	36,82 n.s	24,39 n.s
10,32 n.s	36,33 n.s	36,60 n.s	37,24 n.s	24,64 n.s
n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Tab.17.2 - Marsala - Analisi Qualitative 2012/2013

**Momento dopo 48 ore**

Fattori esaminati		Consistenza della polpa [g]	Contenuto in solidi solubili totali (°brix)
Varietà	Fortuna	593 B	6,48 B
	Sabrina	811 B	8,78 A
Momento di raccolta	08:00	729,5 A	7,75 n.s
	11:30	675 B	7,51 n.s
Interazione Varietà *			
Momento di raccolta		n.s	n.s
Per ogni colonna, valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$ .			

Acidità titolabile [meq/100g]	VitaminaC [mg/100 g]	Colore L * ( C )	a * ( C )	b * ( C )
10,2 n.s	34,5 B	35,16 n.s	36,11 n.s	23,26 n.s
10,8 n.s	44 A	33,41 n.s	34,65 n.s	24,15 n.s
10,5 n.s	41,8 n.s	33,41 n.s	35,31 n.s	24,06 n.s
10,58 n.s	36,6 n.s	35,16 n.s	35,45 n.s	23,35 n.s
n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

## Considerazioni conclusive

---

L'Attività che ho svolto durante il corso di Dottorato di Ricerca, è stata finalizzata a verificare nuove strategie per il miglioramento della tecnica colturale della fragola in ambiente protetto in Sicilia, con particolare attenzione alla sostenibilità del comparto.

Le innovazioni messe in atto, hanno riguardato, sia nuove tecniche di coltivazione agro-ecologiche quali la solarizzazione e la biofumigazione per la disinfezione del terreno prima dell'impianto che la costituzione di vivai per la produzione di piante vicino alle aree di coltivazione e l'introduzione di nuove varietà a basso livello di input.

In Sicilia, la fragolicoltura è concentrata in aziende dirette coltivatrici medio-grandi, con ritorno frequente nello stesso appezzamento (monocoltura) e ripetute fumigazioni del terreno al fine di limitare l'incremento della carica dei patogeni. La geodisinfezione è infatti, ormai una pratica fondamentale nella coltivazione della fragola, che può essere attuata anche con l'utilizzo di metodi ecocompatibili, sia fisici, come la solarizzazione che agronomici, quali l'aggiunta di sostanza organica e il sovescio con piante biocide (biofumigazione).

Alla luce dei risultati ottenuti dalla prova condotta nel 2010-'11 su terreno precedentemente coltivato a fragola da diversi anni, si può affermare che, in Sicilia, la solarizzazione potrebbe essere una valida alternativa alla fumigazione chimica. Certamente occorre ricordare che la solarizzazione pone alcuni limiti legati alla necessità di mantenere il terreno libero da coltura per almeno sei a otto settimane, durante il periodo più caldo dell'anno e allo spettro di azione non sempre sufficiente per garantire una ottimale efficacia contro i diversi parassiti vegetali e animali delle colture agrarie. Inoltre, è stata utilizzata una nuova tipologia di film plastico di colore verde, che ha permesso di ottenere risultati uguali o superiori rispetto alla stessa pratica con film plastico trasparente, riducendo i problemi legati allo smaltimento della plastica,

poichè trascorsi i due mesi per la solarizzazione lo stesso film è stato forato e la coltura è stata messa a dimora.

L'inserimento, anche, della tecnica della biofumigazione tramite pellets di piante biocide, ha mostrato che, la sanità dei terreni è un obiettivo perseguibile anche attraverso tecniche agronomiche che consentono una riduzione del ricorso di fertilizzanti e fitofarmaci di sintesi. La valorizzazione di questa proposta diventa quindi un modo per diminuire la dipendenza dagli input chimici attraverso il ricorso a molecole naturali con un approccio olistico di “bioraffineria”. I prodotti interamente a base vegetale usati in biofumigazione sono rinnovabili, rapidamente biodegradabili, generalmente ipotossici e non contribuiscono all’innalzamento dei gas serra, svolgendo al contrario un effetto di sequestro di CO<sub>2</sub> nei terreni attraverso l’incremento di sostanza organica. Come noto, infatti, in questi ultimi anni la Comunità Europea attraverso varie Direttive sta riservando una crescente attenzione alla riduzione della CO<sub>2</sub> nell’atmosfera come uno dei fattori qualificanti della salubrità e della qualità della vita dei suoi cittadini.

E’ stato effettuato anche un confronto tra i diversi metodi di geodisinfezione (solarizzazione, uso di pellets di piante biocide e prodotti chimici) senza e con interrimento di sostanza organica ed è emerso che le tesi trattate con sostanza organica hanno permesso di ottenere i frutti più consistenti e di maggiore pezzatura, soprattutto nel periodo precoce (entro marzo). La gestione della fertilità di base dei terreni, infatti, soprattutto nel caso di colture con cicli intensivi quali le ortive è fondamentale, non solo per l’apporto equilibrato dei nutrienti che rafforza la pianta, ma anche per la diversificazione e moltiplicazione dei microrganismi terricoli, che svolgono un’azione di contrasto verso la specializzazione e colonizzazione di ceppi patogeni.

Anche la scelta varietale e l’individuazione di nuove selezioni rustiche ed adatte all’areale siciliano è di fondamentale importanza, sia per l’ottenimento di produzioni precoci con elevate caratteristiche qualitative ed organolettiche dei frutti che per la tolleranza della pianta ai principali patogeni fungini, che ne permette la coltivazione con tecniche a basso impatto ambientale. Nell’ambito dell’attività di breeding condotta nell’areale siciliano, in questo ultimo triennio, sono state valutate nuove selezioni e brevettate tre nuove cultivar: Florida Fortuna, Candonga Sabrosa e Sabrina, adatte all’ambiente pedoclimatico isolano e con ottime caratteristiche qualitative ed

organolettiche. Queste nuove varietà stanno apportando indubbi vantaggi commerciali soprattutto per l'introduzione di opportune strategie di marketing, volte a caratterizzare e rendere riconoscibile sul mercato il prodotto siciliano. Candonga Sabrosa, Sabrina, Nora e Kilo presentano piante rustiche, mediamente vigorose, dotate di medio-buona tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale e all'oidio (*Sphaerotheca macularis*); sono moderatamente sensibili all'antracosi (*Colletotrichum acutatum*) e alla batteriosi (*Xanthomonas fragariae*), per questi motivi possono essere coltivate con tecniche di agricoltura sostenibile.

Tra le nuove selezioni, valutate nell'ultimo triennio, sono emerse: PA 03.260.3, PA 04.228.4, PA 05.115.03, PA 09.79.19, PA 09.79.20 e PA 09.109.2 che sono rustiche, tolleranti ai patogeni dell'apparato radicale, adatte alla coltivazione con piante fresche, produttive e con frutti di buona qualità. Nei prossimi anni si effettuerà il collaudo finale prima dell'eventuale loro licenziamento, si valuteranno anche gli aspetti commerciali e la risposta del mercato a queste nuove varietà.

Dalla caratterizzazione qualitativa dei frutti è emerso che le accessioni in studio si distinguono per l'elevato contenuto in solidi solubili totali, l'attività antiossidante (CAT) e per il contenuto in polifenoli e acido ascorbico (Vitamina C).

La Sicilia rappresenta nel contesto fragolicolo nazionale, grazie anche alle favorevoli condizioni climatiche, la zona più precoce con indici di precocità uguale o superiore alla Spagna (Huelva, Andalusia). L'impiego della pianta fresca, in particolare, permette di anticipare la raccolta, di ottenere frutti di migliori caratteristiche qualitative, oltre che una maggiore tolleranza ai patogeni dell'apparato radicale, dovuta alla "giovinezza" dei tessuti (le "cime radicate" vengono messe a dimora in campo dopo appena 20-25 giorni di radicazione in vasetto riempito di fibra di cocco o di torba).

Le piante fresche "a radice nuda" spesso vengono messe a dimora in ritardo (oltre la prima decade di ottobre) a causa della tardiva disponibilità del materiale vivaistico di origine estera (Spagna e Polonia). Queste piante, sottoposte a forti stress per i lunghi tempi di trasporto, manifestano difficoltà nella ripresa vegetativa in campo e conseguenti limitati livelli produttivi.

Le ricerche condotte in questo triennio hanno messo in evidenza la possibile affermazione di un'attività vivaistica in Sicilia. I risultati delle prove sperimentali hanno indubbiamente dimostrato che è possibile ottenere produzioni di piante fresche di

qualità in ambienti situati in prossimità delle aree di coltivazione e che i produttori possono trarne numerosi vantaggi. I vantaggi riscontrati sono stati: un più rapido attecchimento all'impianto, pronta ripresa vegetativa, assenza di fallanze, anticipo di inizio produzione ed una maggiore resa produttiva finale. Nella fase commercialmente più favorevole per i fragolicoltori siciliani (dicembre-marzo), infatti, le piante prodotte in Sicilia hanno fornito mediamente il 10% in più rispetto a quelle della Polonia e frutti con peso medio costantemente più elevato. Per quanto concerne gli aspetti qualitativi dei frutti, le piante fresche hanno unito elevata dolcezza a elevata consistenza della polpa. I frutti provenienti dalle piante ottenute in altura in Sicilia hanno prodotto per tutto il periodo di raccolta frutti più dolci. Inoltre, l'isolamento dei vivai ha consentito un limitato attacco di patogeni fungini a carico dell'apparato radicale, pur non avendo effettuato il trattamento di fumigazione del suolo prima dell'impianto.

E' pertanto auspicabile, nei prossimi anni, l'avvio di iniziative imprenditoriali di rilievo, che finora hanno stentato ad affermarsi, affinché non vada sprecata un'opportunità di sviluppo economico. La presenza di un'attività vivaistica vicina alle aree di produzione ha permesso di ottenere piante fresche "cime radicate" già nei periodi estivi e "a radice nuda" entro la prima decade di ottobre e di anticipare il trapianto per puntare sulla precocità di maturazione e quindi per ottenere maggiori remunerazioni. I dati rilevati dalle prove in oggetto hanno dimostrato che con il fragoleto impiantato nella seconda decade di ottobre si ottiene, entro marzo, circa il 60% della produzione complessiva mentre con il trapianto a novembre inoltrato la percentuale scende al 35%. A conferma di precedenti ricerche effettuate in Sicilia su Tudla®Milsei e Camarosa (D'Anna *et al.*, 2000) è possibile affermare che posticipando l'epoca di trapianto la produzione diminuisce progressivamente; questo però non può essere generalizzato per tutte le cultivar, pertanto devono essere approfondite le ricerche per le nuove accessioni. Inoltre, il peso medio dei frutti durante il periodo di commercializzazione più importante per i produttori siciliani non è stato influenzato dalla diversa epoca di trapianto, così come le caratteristiche qualitative (consistenza della polpa e residuo secco rifrattometrico). In definitiva è necessario trapiantare anticipatamente, in modo che le piante raggiungano un buon sviluppo vegetativo e siano resistenti, prima che sopraggiungano i freddi invernali, ottenendo produzioni precoci e rese elevate con minori input durante la coltivazione.

# BIBLIOGRAFIA

---

- A cura dell'Osservatorio Agroambientale – Agricoltura sostenibile mediterranea:  
- Produzione integrata e agricoltura biologica.
- Agrisicilia Anno IV n.5.- Maggio 2013.
- A.A. V.V., 2002. Monografia di cultivar di fragole coord. Faedi W., Baruzzi G., Lovati F., Sbrighi P., Lucchi P., Progetto finalizzato MiPAAF “Liste di orientamento varietale dei fruttiferi”, pubbl. 201.
- A.A.V.V., 2009. Monografia di cultivar di Fragole. coord. Faedi W., Baruzzi G., Sbrighi P., Lucchi P., Progetto finalizzato MiPAAF “Liste di orientamento varietale dei fruttiferi”.
- Ajwa H. A. e Winterbottom C. Q., 2006. Alternative al bromuro di metile nella frugicoltura californiana – Frutticoltura n°4: 28-32.
- A.A.V.V., 2010. *La fragola*, coordinamento scientifico di W. Faedi. Collana Coltura&Cultura, ideata e coordinata da R. Angelini, Bayer Cropscience, Ed.Script, Bologna, pp 548.
- Ajwa H. A., Klose S., Nelson S.D., Minuto A., Gullino M.L., Lamberti F., Lopez-Aranda J.M, 2003. Alternatives to methyl bromide in strawberry production in the United States of America and the Mediterranean region. *Phytopathologia Mediterranea*, pp:220-244.
- Ajwa H.A., Schutter M., Nelson S.D., Trout T., Winterbottom C.Q., 2001. Efficacious application rates of propargyl bromide and iodomethane /chloropicrin for strawberry production. In: Proceedings Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, November 5–9, 2001, San Diego, CA, USA, 1–3 (abstract), <http://www.mbao.org>.
- Andersen M., Fossen T., Torskangerpoll K., Fossen A., Auge U., 2004. Anthocyanin from strawberry (*Fragaria x Ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypyranopelargonidin, *Phytochemistry*, 65: 405-410.



- Anonymous, 1993a. The Biologic and Economic Assessment of Methyl Bromide. The National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program. United States Department of Agriculture, Washington, D.C., USA, 99 pp.
- Anonymous, 1993b. Alternatives to methyl bromide: Assessment of research needs and priorities. In: Proceedings from the USDA Workshop on Alternatives to methyl bromide. United States Department of Agriculture, June 29 – July 1, 1993, Arlington, VA, USA.
- Arcuti P., Baruzzi G., Di Stefano A., Lovati F., Muntoni M., Sbrighi P., Siddu G., Testoni A., Faedi W., 2001. Speciale fragola. *Terra e Vita*. Supplemento n. 1 al n. 18. Speciale Liste Varietali Frutticole, 26-33.
- Avitabile Leva A., Baruzzi G., Botoli M., Castellari L., Faedi W., Figiani M., Lovati F., Magnani S., Maltoni M.L., Nuzzi M., Testoni A., 2003. Fragole più buone grazie al miglioramento genetico. *Frutticoltura*, 5: 41-49.
- Baldini E., Scaramuzzi F., 1980. La fragola. Ed. Reda. Baruzzi G., 1998. Aspetti del miglioramento genetico della fragola in Italia. *Frutticoltura LX* (12): 55-66.
- Baruzzi G., Lopez-Aranda J.M., Faedi W., 2005. Alternative al bromuro alcuni risultati. *Culture protette*, 4, pp: 63-68.
- Baruzzi G., Ballini L., Capriolo G., Lucchi P., Maltoni M. L., Mennone C., Migani M., Quinto G., Zenti F. e Faedi W., 2006 – Ulteriori ricerche sull’impiego di nuovi fumiganti in alternativa al bromuro di metile – *Frutticoltura* n°4: 49-55
- Baruzzi G., Capriolo G., Cerbino D., Faedi W., Funaro M., Lucchi P., Marano A., Mennone C., Migani M., Quinto G.R., Spagnolo G., 2007. Potenzialità e limiti per lo sviluppo di un vivaismo fragolicolo nel sud Italia. *Frutticoltura*, n.4: 34-40
- Baruzzi G., Faedi W., Lucchi P., Migani M., Sbrighi P., Turci P., 2008a. Studi pluriennali per lo sviluppo della fragola in terreni non fumigati e in conduzione biologica. *Frutticoltura*, n. 9: 44-48.
- Baruzzi G., Capriolo G., Lucchi P., Magnani S., Sbrighi P., Faedi W., 2008b. Le varietà di fragola per il 2008. *L'Informatore Agrario* 17: 52-57.
- Baruzzi G., Faedi W., 2008c. Usa e Spagna rilanciano con l’innovazione varietale. *Terra e Vita*, 18: 50-55.
- Baruzzi G., Baroni G., Baudino M., Capriolo G., D’Anna F., Giacomelli M., Lucchi P., Migani M., Placchi L., Savini G., Sbrighi P., Faedi W., 2009a. L’attività di

breeding pubblico italiano su fragola. Atti del VII convegno Nazionale “La Fragola presente e futuro”, pp: 59-68.

- Baruzzi G., Capriolo G., Lucchi P., Marinucci R., Sbrighi P., Faedi W., 2009b. Le varietà di fragola per il 2009. L'informatore Agrario, 8/14 maggio.
- Battino M., Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Mezzetti B., 2004. Fragole e antiossidanti: un primato nutrizionale. Frutticoltura LXVI (4): 54-56.
- Beverly R.B., Latimer J.G., Smittle D.A., 1993. Preharvest physiological and cultural effects on postharvest quality, p.73-98. In R.L. Shewfelt and S.E. Prussia (eds). Postharvest handling: a system approach. Academic, Toronto.
- Bonciarelli F., Bonciarelli U., 1995. *Coltivazioni erbacee*. Edagricole, cap 9: 243-247.
- Bonomo G., Catalano G., 2003. Bene la solarizzazione per la fragola. Supplemento a L'Informatore Agrario, 24: 1-2.
- Bonomo G., Catalano G., 2007. Più precoci, grandi e colorate le nuove fragole siciliane. Terra e vita, p.13,59-60.
- Brighenti F., Valtuena S., Pellegrini N., Ardigo D., Del Rio D., Salvatore S., Piatti P. M., Serafini M., Zavaroni I., 2005. Total antioxidant capacity of the diet is inversely and independently related to plasma concentration of high-sensitivity c-reactive protein in adult Italian subjects. Br., J. Nutr., 93: 619-625.
- Brown P.D. and Morra M.J., 1997. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing. Plants Advances in Agronomy, 61: 167-231.
- Capocasa F., Scalzo J., Mezzetti B., Battino M., 2008. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: the role of genotype. Food Chemistry 111 (4): 872-878.
- Caracciolo G., Migani M., Sbrighi P., 2009. Superfici in aumento sia in Sicilia che in Veneto – Dossier Fragola. Terra e Vita, n. 18, pp: 48-51.
- Caruso P. e D'Anna F., 1995. Epoca d'impianto del fragoletto con piantine frigoconservate. Colture protette, 4: 87-95.
- Cayuela J. A., Vidueira J. M., Albi M. A., Gutierrez F., 1997. Influence of the Ecological Cultivation of Strawberries (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler) on the quality of the fruit and on Their Capacity for Conservation. J. Agric. Food Chem., 45: 1736-1740.

- Chandler C.K., Legare D.E., Noling J.W., 2001. Performance of strawberry cultivars on fumigated and no fumigated soil in Florida. Hort Technology, 1, 69-71.
- Csimos, A.S., Sumner, D.R., Johnson, A.W., McPherson, R.M. and Dowler, C.C. 2000. Methyl Bromide Alternatives in tobacco, tomato and pepper transplant production. Crop Protection, 19: 39-49.
- Curto G., Dallavalle E., Lazzeri L., 2005. Life cycle duration of *Meloidogyne incognita* and host status of *Brassicaceae* and *Capparaceae* selected for glucosinolate content. Nematology, 7: 203-212.
- Curto G., Lazzeri L., Dallavalle E., Santi R., 2008. Management of *Meloidogyne incognita* (Kofoed et White) Chitw. in organic horticulture. Redia Vol XCL: 81-84.
- D'Anna F. e Curatolo G., 1991. Effects of dates planting on earliness and total yield of greenhouse strawberry. Acta Horticulture 176.
- D'Anna F., Accardi S. 1991. Comportamento di piante vegetanti di fragola in rapporto all'ambiente di moltiplicazione. Colture Protette, 3: 73-76.
- D'Anna F., 1993. La fragola in Sicilia: l'effetto dell'epoca d'impianto. Colture protette, 5: 75-80.
- D'Anna F., 1994. Comportamento vegeto-produttivo della fragola allevata sotto apprestamenti protettivi diversi. II Giornate scientifiche S.O.I., San Benedetto del Tronto 22-24 giugno.
- D'Anna F., 1999. Quale tunnel per la fragola. L'Informatore Agrario 6: 45-49.
- D'Anna F., Moncada A., Miceli A., 2000. Ricerca sull'epoca di impianto della fragola con piante fresche. Atti Giornate scientifiche della SOI. Sirmione, 28-30 marzo: 551-552.
- D'Anna F., Iapichino G., 2000. Effects runner order on strawberry plug plant fruitproduction. 4 TH International Strawberry Symposium, 9-14 July Tampere Finland.
- D'Anna F., Prinzevalli C., 2002. Le novità varietali per la fragola. Informatore Agrario. vol. suppl. n. 1 al n. 4: 59-66.
- D'Anna F., 2003. Funziona la solarizzazione con film plastici su fragola. Colture Protette, 5: 87-95.
- D'Anna F., Moncada A., 2003. Evoluzione della fragolicoltura siciliana nell'ultimo cinquantennio. Italus Hortus vol. 10, n° 3.

- D'Anna F., Moncada A., 2003. Innovazione delle tecniche vivaistiche per la produzione di piante di fragola. *Italus Hortus*. vol. 5, pp. 63-68.
- D'Anna F., Iapichino G., Incalcaterra G., 2003. Influence of planting date and runner order on strawberry plug plants grown under plastic tunnels. Sixth International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation, Ragusa 5-8 marzo, 123-127.
- D'Anna F., Prinzivalli C., 2004. Valutazione di cultivar di fragola in ambiente protetto in Sicilia. *L'Informatore Agrario*, n. 27
- D'Anna F., Bonomo G., Moncada A., Guarino L., Catalano G., Prinzivalli C., 2005a. Alternative al bromuro di metile nella disinfestazione del terreno coltivato a fragola – *L'informatore agrario* n°25: 37-40.
- D'Anna F., Prinzivalli C., Pappalardo G., Camerata Scovazzo G., Moncada A., Giovino A., 2005b. Cultivar e selezioni di Fragola per le aree meridionali. *L'informatore Agrario*, 2: 45-50.
- D'Anna F., Iapichino G., Moncada A., Prinzivalli C., Bongiovi C., Bono M., 2006. Effetti della tipologia di pianta sugli esiti produttivi e qualitativi della fragolicoltura siciliana. *Frutticoltura, speciale fragola*, 4: 62-68.
- D'Anna F., Moncada A., Caracciolo G., Prinzivalli C., Virzi A., Spata P., 2007. In Sicilia cresce l'interesse per le piante fresche di fragola. *L'Informatore Agrario*, 39: 56-60.
- D'Anna F., Moncada A., Prinzivalli C., Caracciolo G., 2007. Sicilia: meglio usare le piante fresche ma dipende dalla varietà impiegata. *Frutticoltura, speciale fragola*, 4: 26-33.
- D'Anna F., Bonomo G., Moncada A., Catalano G., Iapichino G., Prinzivalli C., Marino V. 2007. Effetto della fumigazione e della solarizzazione del suolo sulla fragola in Sicilia. *Culture Protette*, 11: 97-102.
- D'Anna F., Moncada A., Caracciolo G., Guarino L., Virzi A., Spata P., 2008 – Performances of Strawberry fresh plants produced in Sicilian nurseries. *Acta Horticulturae ISHS*.
- D'Anna F., Palermo M.L., Caracciolo G., Moncada A., Prinzivalli C., Amato F., Angileri G., Fici G., Mezzapelle V., Signorino G., 2009. Alternatives to Methyl Bromide in strawberry cultivation. *Proceedings of the International Symposium on*

Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate, *Acta Horticultura* 807, vol. 2: 745-750.

- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., Alessandro R., Parrinello A., Qualità organolettica e Nutraceutica di fragole prodotte in Sicilia. Libro dei Riassunti “VIII Convegno nazionale di Chimica degli Alimenti”, pp. 63 Marsala 20-24 Settembre 2010.
- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., Alessandro R., Parrinello A., Influence of different doses of Nitrogen on Production and Quality of Strawberry from Fresh Plug Plants. Grecia 5-10 Giugno 2011.
- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., Alessandro R., Parrinello A. Influenza della tipologia di pianta e della concimazione azotata sulla Cv. Di fragola Candonga Sabrosa, Atti del XL Convegno della Società Italiana di Agronomia, pp. 258-259. Teramo 2011.
- D'Anna F., Caracciolo G., Baruzzi G., Parrinello A., Effects of Preplant Soil Treatment on Strawberry in Sicily. VII International Strawberry Symposium 2012, Beijing, (China).
- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., Alessandro R., Parrinello A., Prinzevalli C., Innovazione varietale per il miglioramento della produzione e qualità della fragola in Sicilia. Lavoro svolto nell'ambito del progetto MIPAAF. Frutticoltura 2012.
- D'Anna F., Caracciolo G., Moncada A., Alessandro R., Parrinello A., Prinzevalli C., La produzione siciliana alla ricerca di innovazioni varietali. Frutticoltura n.6 - 2012.
- D'Anna F., Caracciolo G., Alessandro R., Parrinello A., La scelta del materiale genetico tra le variabili alla base della qualità. Agrisicilia n.5 - 2013.
- D'Antuono L.F., Fiori R., Baruzzi G., Faedi W., 2000. La qualità delle fragole in tre sistemi di coltivazione. Frutticoltura LXII (12): 69-76.
- D'Antuono L. F., Maltoni M. L., Foschi S., Elementi S., Borgini E., Baruzzi G., Faedi W., 2004. Differenze qualitative tra cultivar di fragola in coltura biologica e integrata. Frutticoltura, n. 5, pp.: 64-66.
- D'Antuono L. F., Maltoni M. L., Foschi S., Elementi S., Borgini E., Baruzzi G., Faedi W., 2005. Differenze qualitative tra cultivar di fragola in coltura biologica e integrata. *Italus Hortus* 12, (3), 83-92.
- D'Avino L., 2005. Biofumigazione con allil-isotiocianato: destino ambientale ed effetto sui microartropodi edafici, PhD thesis, Env Sci Dept, University of Siena (IT).

- Davik J., Bakken A.K., Holte K., Blomhoff R., 2006. Effects of genotype and environment on total anti-oxidant capacity and the content of sugars and acids in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). Journal of Hortic. Scien. & Biotech. Vol. 81 (6): 1057-1063.
- De Larderel J. A., Shende R., Mercado C., Gilfilian C. e Kikwe S. R., 2001. Sourcebook of technologies for protecting the ozone layer: alternatives to methyl bromide – United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics, OzoneAction Programme.
- Della Casa, 2009. Un nuovo concetto di stagionalità per il marketing della fragola italiana. Atti del VII Convegno nazionale “La fragola presente e futuro”, p.: 46.
- Duniway J.M., 2002a. Chemical alternatives to methyl bromide for soil treatment particularly in strawberry production. In: Proceedings International Conference on Alternatives to Methyl Bromide Sevilla, Spain, 47–50 (abstract).
- Duniway J.M., 2002b. Status of chemical alternatives to methyl bromide for pre-plant fumigation of soil. Phytopathology 92: 1337–1343.
- Duniway J.M., J.J. Hao, D.M. Dopkins, H.A. Ajwa and G.T. Browne, 2001. Chemical, cultural, and biological alternatives to methyl bromide for strawberry. In: Proceedings Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, November 5–9, 2001, San Diego, CA, USA, 41 (abstract), <http://www.mbao.org/>
- Eayre C.G., J.J. Sims, H.D. Ohr and B. Mackey, 2000. Evaluation of methyl iodide for control of peach replant disorder. Plant Disease 84: 1177–1179.
- Ekstrom A. M., Serafini M., Nyren O., Hansson L. E., Ye W., Wolk A., 2000. Dietary antioxidant intake and the risk of cardia cancer and noncardia cancer of the intestinal and diffuse types: a population-based case-control study in Sweden, Int. J. Cancer, 87: 133–140.
- Elmore C.L., Roncoroni J.A., Giraud D.D., 1993. Perennial weeds respond to control by soil solarization. California Agriculture 47(1): 19–22.
- Faedi W., Pagliarani M., 1995. Nuovi tipi di piante per i fragoleti. Frutticoltura LVII (6): 51-54.

- Faedi W., Arcuti P., Baruzzi G., Cubicciotti G., Del Vaglio M., Di Stefano A., Lateana V., Lucchi P., Mezzetti B., Murri g., Recupero S., Rosati P., 1998. Paros, nuova cultivar di fragola per il centro-sud. *Frutticoltura* 12: 67-69.
- Faedi W. Baruzzi G., 2002. Innovazioni nelle tecniche di coltivazione della fragola. *Frutticoltura* LXIV (6): 19-26.
- Faedi W., Arcuti P., Ballini L., Barini G., Baruzzi G., Baudino M., D'Anna F., Lucchi P., Mezzetti B., Murri g., Recupero S., Rosati P., Zenti F., 2003. Monografia varietale del progetto Finalizzato Frutticoltura - miglioramento genetico: fragola: 29-54.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., 2004. Piante fresche: opportunità da sfruttare, ma attenzione ai rischi. *L'informatore Agrario, speciale fragola*, 41: 51-53.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., Di Milano F., Di Stefano A., Lucchi P., Maltoni M.L., Magnani S., Martelli G., Mennone C., Parrillo R., Quinto G., Sbrighi P., 2004. Studi varietali per la fragolicoltura del Sud Italia. *Frutticoltura* 4: 20-27.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., D'Anna F., Di Chio B., Funaro M., Lucchi P., Magnani S., Maltoni M.L., Marano A., Martelli G., Muntoni M., Nardiello I., Parrillo R., Prinzivalli C., Quinto G., Rondinelli G., Spagnolo G., 2005. Novità varietali per la fragolicoltura meridionale. *Frutticoltura, Speciale fragola*, 4: 14-21.
- Faedi W., Baruzzi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Magnani S., Migani M., Sbrighi P., Turci P., 2006b. Nuove varietà e selezioni emergenti per la fragolicoltura del Nord Italia. *Frutticoltura*, 4: 12-21.
- Faedi W., Baruzzi G., Baudino M., Dutto D., Giordano R., Sbrighi P., 2007. Piante fresche “cime radicate” e cultivar rifiorenti per il Piemonte. *Frutticoltura* LXIX (4): 18-24.
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., D'Anna F., Lucchi P., Marano A., Martelli G., Mennone C., Prinzivalli C., 2008. Three New Italian Strawberry Cultivars for Southern Areas. VI International Strawberry Symposium, Huelva, March 3rd-7th .
- Faedi W., Baruzzi G., Capriolo G., 2009. Evoluzione della fragola in Italia. *Atti del VII Convegno “La fragola presente e futuro”*, pp.: 32-42.
- Furlan L., Bonetto C., Patalano G., Lazzeri L. 2004. Potential of biocidal meals to control wireworm populations. *Proceedings of the first International Symposium on “Biofumigation: a possible alternative to methyl bromide?”* Firenze, Italia 31 Marzo - 1 Aprile. *Agroindustria* Vol. 3 n°3: 313-316.

- Garibaldi A., 1983. The use of suppressive soils as substrate for ornamental and flowering plants. *Acta Horticulturae*, 150: 103-111.
- Garibaldi A., Minuto A., Salvi D., 2001. Disinfection of nutrient solution in closed soilless systems in Italy. *Acta Horticulturae* 382, 21-36.
- Gengotti S., Tisselli V., Lucchi C., 2002. Gli accorgimenti tecnici per una miglior coltivazione. *Agricoltura* 4: 20-22.
- Genovese G., Acampora A., Miraglia N. e Cannolo N., 2002. Valutazione dell'esposizione professionale al bromuro di metile nell'attività di fumigazione – 3° seminario aggiornamento dei professionisti CONTARP.
- Ghini R., 1993. A solar collector for soil disinfestations. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 99: 45–50.
- Gilgun-Sherki Y., Melamed E., Offen D., 2004. The role of oxidative stress in the pathogenesis of multiple sclerosis: the need for effective antioxidant therapy, *J. Neurol.*, 251: 261–268.
- Greco N., A. Brandonisio and F. Elia, 1985. Control of *Ditylenchus dipsaci*, *Heterodera carotae* and *Meloidogyne javanica* by solarization. *Nematologia Mediterranea* 13, 191–197.
- Guo C., Yang J., Wie J., Li Y., Xu J., Jiang Y., 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fraction of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*, 23: 1719-1726.
- Hancock J.F., Bringham R.S., 1988. Yield component interactions in wild populations of California *Fragaria*. *HortScience* 23: 889-890.
- Hertog M. G., Feskens E. J., Kromhout D., 1997. Antioxidant flavonols and coronary heart disease risk, *Lancet*, 349: 699.
- Hortiński J.A., Zebrowska J., Gawroński J., Hulewicz T., 1991. Factors influencing fruit size in the strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Euphytica* 56: 67-74.
- Kader A.A., 1988. Influence of preharvest and postharvest environment on nutritional composition of fruits and vegetables. p. 18-32. In: B. Quebedeaux and F.A. Bliss (eds). *Horticulture and human health: contribution of fruits and vegetables*. proc. Of 1st International Symposium on Horticulture and Human health. Prentice – Hall,



Englewood Cliffs, N.J. Katan J. and J.E. DeVay, 1991. Soil Solarization. CRC Press Inc.. Boca Raton, FL, USA, pp.: 267.

- Katan J., 2000. Soil and substrate disinfestations as influenced by new technologies and constraints. *Acta Horticulture* 532, 29–35.
- Kidmose U., Andersen H., Vang-Petersen O., 1996. Yield and quality attributes of strawberry cultivars grown in Denmark 1990-1991. *Fruit Varieties Journal* 50 (3):160-167.
- La Malfa G., Noto G., 2004. Le colture protte in Sicilia. Atti del Convegno nazionale “La produzione in serra dopo l'era del bromuro di Metile”, pp: 25-37.
- Lamberti F., T. D'Addabbo, P. Greco and A. Garella, 2002. Efficacy of the liquid formulation of some nematicides. *Medical Faculty Landbouww. University Gent* 67(3): 699–702.
- Lamberti F., A. Minuto and L. Filippini, 2003. I fumiganti per la disinfestazione, *Informatore Fitopatologico* 53(10): 38–43.
- Lazzeri L., Leoni O., Manici L.M., Palmieri S., Patalano G., 2002. Brevetto N. BO 2002 A000544. Uso di farine vegetali come agenti biotossici ad azione ammendante. Ufficio Italiano Brevetti e Marchi.
- Lazzeri L., Baruzzi G., Malaguti L., Antoniaci L., 2003a. Replacing methyl-bromide in annual strawberry production with glucosinolate containing green manure crops. *Pest Management Science* 59: 983-990.
- Lazzeri L., Curto G., Leoni O. , Dallavalle E., 2004. Effects of glucosinolates and their enzymatic hydrolysis products via myrosinase on the root knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 : 6703-6707.
- Lazzeri L., Malaguti L., Cinti S., Baruzzi G., 2003b. I sovesci di piante biocide nella rotazione. *Colture protette* 1: 53-56.
- Lazzeri, L., Leoni, O. and Patalano, G. 2004. Biocidal Plants And Pellets For Biofumigation. Presentazione Orale al 6th International Symposium On Chemical And Non – Chemical Soil And Substrate Disinfection. Corfu (Grecia) 4-8 Ottobre 2004.
- Lazzeri L., Leoni O., De Nicola G., Cinti S., Malaguti L., Curto G., Patalano G., 2008. Brevetto n° BO2008A000010. Concime ammendante con controlli dei parassiti e

dei patogeni ipofiti; uso e metodo d'uso di tale concime. Ufficio Italiano Brevetti e Marchi.

- Lazzeri L., Malaguti L., D'Avino L., Lazzari A., Moncada A., Palermo M.L., 2009. Potenzialità applicative dei nuovi materiali solidi e liquidi per biofumigazione nella coltivazione della fragola. Atti del VII Convegno Nazionale “La fragola presente e futuro”.
- Leonardi C., Noto G., 2005. Nuovi scenari per l'orticoltura protetta mediterranea. Atti del Convegno Nazionale “Strategie per il miglioramento dell'orticoltura protetta in Sicilia”, pp: 19-28.
- Lovati F., Nuzzi M., Avitabile Leva A., De Colellis G., Testoni A., Magnani S., Lucchi P., 2000. Valutazione della qualità delle fragole in post-raccolta. *Frutticoltura*, 12, 36-41.
- Lucchi P., 2002. L'evoluzione delle tecniche vivaistiche in funzione delle nuove esigenze produttive e commerciali della fragola. *Frutticoltura* LXIV (6): 37-42.
- Lucchi P., Baruzzi G., 2002. Le alternative al bromuro di metile. *ErmesAgricoltura*.
- Magnani S., Baruzzi G., D'Antuono L. F., Elementi S., Faedi W., 2007. Composti nutraceutici e funzionali: le sostanze presenti nei frutti. *Frutticoltura*, n. 4: 50-56.
- Mariani Costantini A., Cannella C., Tomassi G., 1999. Fondamenti di nutrizione umana. Ed. il pensiero scientifico, p. 544.
- Mazzoni L., Giampieri F., Diamanti J., Capocasa F., Alvarez-Suarez J.M., Gasparri M., Balducci F., Battino M., Mezzetti B., Review n.19 - *Italus Hortus* 20(1), 2013:1-14.
- Medina, J.J., Miranda, L., Romero, F., De Los Santos, B. and Lopez-Aranda, J.M. 2003. Six-year work on alternatives to Methyl Bromide (MB) for strawberry production in Huelva (Spain). In: Proceedings COST 836 Final Workshop. Euro Berry Symposium, October 9-11, 2003, Ancona, Italy, 40-41 (abstract).
- Messenger B., Braun A., 2000. Alternatives to methyl bromide for the control of soil-borne diseases and pests in California. [http://www.cdpr.ca.gov/docs/dprdocs/methbrom/mb\\_main.htm](http://www.cdpr.ca.gov/docs/dprdocs/methbrom/mb_main.htm).

- Mezzetti B., Scalzo J., Capocasa F., Palandrani A., Battino M., 2005. Il miglioramento genetico per aumentare qualità e capacità antiossidante delle fragole. *Frutticoltura*, 4: 26-29.
- Minuto A., Clini C., Garibaldi A. e Gullino L., 2003. Replacement of methyl bromide on vegetables in Northern Italy – S.I.A.R.
- Moncada A., Caracciolo G., Prinzivalli C., D’Anna F., 2008. Study on New Strawberry Varieties Evaluated in Sicily, 2008. VI International Strawberry Symposium, Huelva, March 3rd-7th .
- Montonen J., Knekt P., Jarvinen R., Reunanen A., 2004. Dietary antioxidant intake and risk of type 2 diabetes, *Diabetes Care*, 27: 362–366.
- Morris J.R., Sistrunk W. A., 1991. The Strawberry. p.181-206. In: N.A.M. Eskin (ed.). *Quality and preservation of fruits*. CRC Press.
- Nuzzi M., Lovati F., Avitabile Leva A., Lorni P., Testoni A., 2002. Le valutazioni strumentali e sensoriali di nuove accessioni di fragola. *Frutticoltura*, 12: 59-67.
- Raynal-Lacroix, C., Bardet, A., Freixinos, E., 1999. Fraisier - La fertilisation azotee. *Infos-Ctifl*. 49: 34–39.
- Recamales A. F., Medina J. L., Hernanz D., 2007. Physiochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality* vol. 30 (5): 837-853.
- Recupero S., D’Anna F., Arcuti P., 1995. Le produzioni precocissime di fragola negli ambienti meridionali. *Frutticoltura – Speciale Fragola*, 6: 35-39.
- Ristaino J. B. e Thomas W., 1997. Agriculture, methyl bromide and the ozonehole – *Plant Disease* vol. 81 n°9: 964-977
- Rosa E.A.S., Heaney R.K., Fenwick G.R., Portas C.A.M., 1997. Glucosinolates in cropplants. *Horticultural Reviews* 19: 99-215.
- Runia W. T., 1994. Elimination of root infecting pathogens in recirculating water from closed cultivation system by ultra violet radiation. *Acta Horticulturae*, 316: 361-372.
- Runia W.T., Van Os E., Bollen J. G., 1988. Disinfection of drainwater from soilless culture by heat treatment. *Neth. J. Agric. Sci.*, 36, 231-238.

- Sanchi S., Odorizzi S., Lazzeri L., Marciano P., 2005. Effect of *Brassica carinata* seed meal treatment on the *Trichoderma harzianum* T39-*Sclerotinia* species interaction. *Acta Horticulturae* 698: 287-292.
- Sansavini S., 2003. I traguardi, le priorità e le prospettive della ricerca italiana in frutticoltura. *Italus Hortus*, 5, 8-28.
- Savini G., Mercadante L., Molari G., Magnani D., Capriolo G., 2004. Analisi dell'architettura della pianta di fragola durante la produzione e la propagazione. VII Giornate Scientifiche SOI, Napoli.
- Scalzo J., Capocasa F., Palandrini A., Battino M., Mezzetti B., 2003. Quality and nutritional value in strawberry breeding and variety evaluation.
- Serafini M., Bellocco R., Wolk A., Ekstrom A. M., 2002. Total antioxidant potential of fruit and vegetables and risk of gastric cancer, *Gastroenterology*, 123: 985–991.
- Spotti C., 2009. Lotta ai parassiti tellurici della fragola. Risultati e prospettive di un'esperienza collaudata su vasta scala. Atti del VII Convegno Nazionale “La fragola presente e futuro”, pp.: 337-343.
- Stanghellini M.E., Rasmussen S.L., 1994. Hydroponics. A solution for zoospore plant pathogens. *Plant disease*, 78, 1129-1138.
- Stanghellini M.E., Rasmussen S.L., Kim D. H., Rorabaugh P.A., 1996. efficacy of nonionic surfactants in the control of zoospore spread of *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system. *Plant disease*, 80: 422-428.
- Tagliavini M., Scudellari D., Antonelli M., Faedi W., Lucchi P., Guillemine A., Magnani S., 2000. Dinamica delle asportazioni di nutrienti da parte della coltura della fragola. *Frutticoltura*, 12: 77-81.
- Tagliavini M., Lucchi P., Antonelli M., Sorrenti G., Scudellari D., Faedi W., 2001. Root uptake, storage and rebomilisation of nitrogen in strawberry plants. 3rd Meeting working group 4 of Cost Action 836 Integrated Research in Berries. Conthey (CH), 15-17 febbraio.
- Tagliavini M., E. Baldi, P. Lucchi, M. Antonelli, G. Sorrenti, G. Baruzzi, W. Faedi, 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture *European Journal of Agronomy*, Volume 23, Issue 1, July 2005, pp.: 15-25.

- Tagliavini M., Andreotti c., Baruzzi G., 2009. Esigenze nutrizionali e tecniche sostenibili di concimazione della fragola. Atti del VII Convegno nazionale “La fragola presente e futuro”, pp: 199-205.
- Testoni A., Lovati F. (1998) – Considerazioni su alcuni aspetti qualitativi dei frutti di fragola. Atti del convegno La fragola verso il 2000, 263-277.
- Testoni A., Lovati F., 2004. La qualità delle fragole in rapporto alle aspettative dei consumatori e alle innovazioni di prodotto. Frutticoltura, n. 4, pp: 47-53.
- Tisselli V., Antoniaci L., Gengotti S , 2002. A practical case of crop protection strategies in Emilia Romagna (Italy). In: Integrated and Ecological Crop Protection. W. Sukkel and A. Garcia (Eds.) VEGINECO Report 4. Applied Plant Research. Lelystad.
- Van Os E., Postma J., 2000. Prevention of root diseases in closed soilless growing systems by microbial optimisation and slow sand filtration. Acta Horticulturae 532, 97-102.
- Van Os E., Stanghellini C., 2001. Diffusion and environmental aspects of soilless growing systems. Italus Hortus, 8 (6): 9-15.
- Voća S., Dralija B., Družić J., Skendrović Babojelić M., Dobričević N., Čmelik Z., 2006. Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv. Elsanta. Agriculturae Conspectus Scientificus vol. 71 (4): 171-174.
- Wang H., Wao G., Prior R.L., 1996. Total antioxidant capacity of fruits, J. Agric. Food Chem., 44:701-705.
- Wang S.Y., Camp M.J., 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. Scientia Horticulturae 85: 183-199.
- Wang S.Y., Zheng W., 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. Journal Agric. Food Chem. 49: 4977-4982.
- Wohanka W., 1995. Disinfestation of recirculating nutrient solutions by slow sand filtration. Acta horticulturae, 382: 246-255.
- Yashiro K., Tomita K., Ezura H., 2002. Is it possible to breed strawberry cultivars which confer firmness and sweetness. Acta Horticulturae n. 567 ISHS: 223-226.